

ТЕХНОЛОГИЯ СТРУКТУРИРОВАНИЯ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ УЧЕБНОЙ ИНФОРМАЦИИ В РЕПЕТИТОРСКИХ СИСТЕМАХ

А. Д. Тазетдинов,

канд. техн. наук, директор центра информационных технологий
АНО ВПО «Международный банковский институт»

Предлагаются: метод построения графов понятий учебного материала, реализующий механизм укрупнения информации за счет свертки нескольких понятий в одно; алгоритм автоматического разбиения графа понятий на подграфы с учетом требований когнитивной психологии на ограничение по количеству единиц информации, а также метод визуализации этих подграфов.

Ключевые слова — репетиторские системы, визуализация и структурирование учебной информации, автоматизированные диалоги.

Введение

Смысловое содержание учебного материала (УМ) представляет собой целостное единство теоретической и фактической информации, а понимание отдельных слов непосредственно связано с правильным пониманием смысла УМ. Результаты многочисленных исследований говорят о том, что *понимание* учебного материала является важнейшим фактором, влияющим как на скорость запоминания, так и на длительность хранения информации в памяти [1, 2]. В свою очередь, понимание зависит от *языка* (понятийного множества, используемого при изложении УМ) и *структуры* (топологии связей — графа понятий) этого УМ.

Если уровень знаний в основном зависит от личных усилий и способностей, а также от психофизиологических особенностей личности обучаемых, то структура знаний отражает особенности организации учебного процесса, так как на формирование структуры знаний обучаемых в большей степени влияет умение преподавателя правильно построить программу подготовки и эффективно ее изложить [3]. Чем лучше структурирована информация, предъявляемая на учебном занятии, тем проще она запоминается и дольше сохраняется в памяти. Поэтому одним из ключевых моментов в создании механизма понятийно-смысловой адаптации в репетиторской системе является анализ содержания учебной дисциплины и ее структурирование.

Графы понятий

Понятия в предметной области существуют не отдельно, сами по себе, а логически связаны между собой в структуры (орграфы, в дальнейшем — просто графы понятий). Структуры необходимы для выражения более сложных понятий предметной области.

Каждая вершина такого графа содержит одно понятие (семантическую единицу информации), которое, в свою очередь, может быть также представлено в виде графа, имеющего свои собственные исходные вершины (свои семантические единицы информации, изученные на предыдущих этапах обучения). Каждая дуга графа есть не что иное, как символ отношения (связи) между понятиями, которые она соединяет. Связи между понятиями могут быть не только прямыми, но и транзитивными (иерархическими, косвенными), когда путь между двумя вершинами (понятиями) содержит больше одной дуги. В дальнейшем, поскольку речь идет о понятиях УМ и их связях, а графовая модель является лишь математическим аппаратом и средством визуализации этих связей, для обозначения дуг и путей на графе понятий будут использоваться термины «связь» и «длина связи» (минимальная длина соответствует одной дуге графа).

Идея представления понятий (концептов) УМ и их связей в виде графа не нова, ей посвящены работы А. И. Умова [4], В. М. Мизинцева, А. В. Кочергина [5], Л. П. Леонтьева, О. Г. Гохмана [6], В. Б. Швыркова [7], И. О. Александрова

[8], Н. М. Леоновой [1] и многих других ученых. Основная задача, решаемая в их работах, — определение оптимального объема УМ, выдаваемого за один раз. Чем больше семантического материала содержится в порции УМ, тем труднее он усваивается. Следовательно, важным параметром для графа УМ является его семантический вес, влияющий на трудность усвоения материала.

В репетиторской системе решение вышеозначенной задачи влияет как на стратегию изложения УМ (как и в какой последовательности должна проявляться структура УМ в сознании обучаемого), так и на тактику формирования комментариев в режиме обучающего диалога. Кроме того, прочность запоминания зависит от правильности выбора ключевых элементов УМ для повторения, связана со стратегией формирования графа понятий и, следовательно, зависит от стратегии изложения УМ.

В педагогической литературе известны две методики расчета семантического веса УМ — В. М. Мизинцева [5] и Л. П. Леонтьева [6]. В основе обеих методик лежат сформулированные в предметной области теории систем идеи А. И. Уимова, в соответствии с которыми информационная мера сложности графовой модели определяется длиной (количеством) дуг графа. Последняя рассматривается как отношения между его элементами (вершинами) и конфигурацией графовой модели, определяемой показателем относительной энтропии как мерой неопределенности системы. Каждая вершина такого графа содержит одну семантическую единицу информации, представляющую собой сложное или простое понятие, а также конкретные формулы, теоремы, определения, аксиомы, леммы, следствия, законы, правила, события и факты, рассматриваемые в контексте УМ [6].

Такой прямой теоретико-множественный подход к связям (отношениям) между понятиями не всегда объективно отражает реальную структуру отношений между понятиями внутри УМ. Поэтому задача определения оптимального объема в порции УМ решалась не только в области педагогики, но и в области когнитивной психологии.

Сторонники коннекционистской теории полагают, что связи могут измеряться не только количественно, но и качественно [2, 9]. То есть вес (сила и важность) одной связи зачастую не совпадает с весом другой связи (отношения). Кроме того, экспериментальные данные когнитивной психологии говорят о том, что мозг организован вокруг изначально различных систем хранения информации [2, 10]. Проходя через разные системы хранения, информация подвергается анализу

и обработке, прежде чем попадает в долговременную память (ДВП). Эксперименты, проводимые на протяжении века, показали, что кратковременная память (КВП) удерживает 7 ± 2 единицы информации независимо от вида содержащихся в них данных (буква, цифра, слово или понятие). Несмотря на то что объем КВП ограничен, ее фактический объем может значительно расширяться за счет «укрупнения» или разбиения на крупные блоки, т. е. кодирования отдельных единиц в более крупных единицах. Но такое укрупнение не может произойти, пока не будет активизирована некоторая информация из ДВП. Как только произошло сопоставление входящих элементов и их репрезентаций в ДВП, наши знания помогают систематизировать кажущийся несвязным материал. Следовательно, важными характеристиками понятий в когнитивном подходе являются структура хранения, топология, вес связей и механизм свертки нескольких понятий в одно.

Сравнивая эти два подхода, можно сказать следующее.

В когнитивном подходе существует ограничение на количество новых понятий, но также имеется возможность укрупнения объема УМ за счет свертки нескольких связанных понятий в одно, что является существенным отличием когнитивного подхода от педагогического. Технология свертки позволяет не только представить несколько понятий в виде одного, но и дать объяснение, почему количество связей влияет на семантический вес графа понятий. Рассматривая граф не как целостную (неделимую) структуру, а с позиции теоретико-множественного представления, можно каждый маршрут графа свернуть и представить в качестве единицы информации. Тогда максимальное, теоретическое количество вновь образованных единиц информации при m вершинах вычисляется как сумма от одного до n размещений:

$$k = \sum_{n=1}^m A_m^n,$$

т. е. на четырех вершинах (понятиях) мы получаем 40 вновь образованных единиц информации. Безусловно, четыре понятия за один раз запомнить несложно, а 40 практически невозможно. Однако такая связанность может отражать реальную систему взаимоотношений понятий предметной области. Следовательно, во избежание снижения качества запоминания УМ требуется специальная технология предъявления такого графа обучаемому.

В применении к репетиторской системе предлагается объединить оба подхода, создав синтетический подход, в котором будут использовать

ся и теоретико-множественные представления, и механизм свертки.

В этом случае, с точки зрения системного подхода и целостного представления об учебном материале, граф понятий УМ должен иметь следующие характеристики.

- Граф всегда имеет начальную (корневую) вершину, содержащую понятие самого изучаемого раздела или дисциплины (если граф строится для целой дисциплины).

- Из начальной вершины достижима любая другая вершина графа. Эта характеристика необходима для работы механизма свертки. То есть все понятия УМ могут быть свернуты к его определению (входят в основное понятие УМ).

- Граф может иметь контуры и циклы.

- Для каждой вершины и дуги графа может быть определен вес, указывающий степень ее значимости (наличие весов существенно упрощает обработку графа и поэтому весьма желательно).

- Учитывая иерархичность построения графа, веса вершинам и дугам могут быть определены автоматически по принципу: чем дальше от корня, тем меньше вес. При необходимости эти веса могут быть переопределены вручную.

Очевидно, что для предъявления обучаемому такой граф должен быть разделен на части. Возникает вопрос о топологии этих частей. Определив в качестве критерия оценки топологии степень связанности графа, можно построить шкалу, где с одной стороны располагается несвязный граф (фактически тезаурус), а с другой — сильно связный граф. Среднее значение шкалы занимает топология типа дерево. Дерево, реализуя естественную иерархию связей понятий предметной области, позволяет обеспечить взаимодействие всех вершин графа понятий при минимальном количестве ребер, равном $n - 1$, при n вершин [11]. Независимо от алгоритма обхода дерева УМ, промежуточные вершины повторяются тем большее количество раз, чем ближе они расположены к корню. Таким образом, более общие понятия и структура УМ лучше понимаются и запоминаются.

Важность ограничения на количество единиц информации можно увидеть при анализе потери одного или нескольких понятий из дерева УМ. Потеря одной вершины не приводит к уменьшению количества цепочек понятий, но существенно сокращает количество связей. Количество оставшихся связей можно вычислить по формуле

$$L_{\text{УМ}} = \sum_{i=1}^k C_{n_i}^m,$$

где k — количество образовавшихся деревьев; n_i — количество вершин в i -м дереве; $m = 2$.

Конечно, автоматизировать процесс структурирования информации (выделение понятий, определение их весов, иерархий и связей) о предметной области практически невозможно, и выполнение этой работы целиком ложится на плечи преподавателя. Тем не менее, формирование предъявляемой обучаемому информации в виде слоев графа может осуществляться как в ручном, так и в автоматическом и полуавтоматическом режимах с помощью метода и алгоритма, предложенного ниже.

Метод предъявления графа понятий обучаемому.

- Согласно коннекционистской концепции, забывание происходит по причине уменьшения силы (как бы истощения) связей между простыми единицами сети, в результате чего доступ к отдельным частям информации, составляющим некоторое понятие, теряется. Поэтому предъявление графа понятий обучаемому должно происходить итерационно, как бы послойно, постепенно усиливая ключевые понятия и связи и формируя новые.

- Первые слои должны давать целостную, более общую картину об УМ, так как они закладывают фундамент понятийно-смысловой структуры УМ. Необходимость формирования целостной картины, пусть изначально и очень отдаленной, связана с тем, что если информация объединена с другими осмысленными воспоминаниями, то вероятность перевода информации в ДВП возрастает. Следовательно, даже самая символическая структура УМ, но усвоенная и присутствующая в сознании обучаемого, будет способствовать существенному повышению качества запоминания нового материала.

- На графе понятий выделяются подграфы таким образом, что с учетом ограничений на количество новых понятий и механизма свертки каждый подграф должен содержать не более 7 ± 2 единиц информации. Количество полученных подграфов определяется количеством вершин графа, так как каждая вершина должна входить в какой-нибудь подграф.

- Каждый подграф представляет собой некий срез или логический слой предметной области. Возможны частичные пересечения подграфов.

- Формирование подграфов (слоев) выполняется по следующему алгоритму.

Алгоритм. Формирование подграфов на графе понятий УМ.

Задача.

Объекты. Ориентированный граф понятий УМ G.

Операции. Для любой вершины p операция КРАТЧАЙШИЙ_МАРШРУТ(p) выдает количе-

ство дуг в минимальном пути от корневой вершины до вершины p . **ВЫБРАТЬ_ВЕРШИНЫ**(fl , G , $\leq k$) — возвращает вершины графа G , сортируя их по весам по убыванию, когда $fl=0$ — выбираются все вершины, иначе только изученные; $\leq k$ — условие выбора (в данном случае — все вершины графа, длина кратчайшего пути которых меньше или равна k). **ЗАПИСАТЬ_В_БАЗУ**(p , $M[p]$, $Max_Вес$ — $M[p]$) — записывает в базу данных для вершины p длину кратчайшего пути и вес вершины. **ЗАПИСАТЬ_В_БАЗУ_ПГРАФ**(G , i , **ПВЕРШ**, **ПДУГИ**, $concept$) — записывает в базу данных для графа G подграф i , содержащий массив **ПВЕРШ** — вершин, массив **ПДУГИ** — дуг и $concept$ — количество единиц информации. **ВИ_ДУГИ**(p , **ИВЕРШ**, **ИДУГИ**) — возвращает все входящие и исходящие дуги для вершины p , смежные вершинам из массива **ИВЕРШ** и не вошедшие в массив **ИДУГИ**. **ДДУГИ**(p , **ИДУГИ**) — возвращает все исходящие дуги, длина кратчайшего пути которых больше длины кратчайшего пути вершины p , и не вошедшие в массив **ИДУГИ**.

Дано. Граф G с не установленными весами вершин.

Требуется. Сформировать подграфы на графе G так, чтобы в каждый подграф входило не больше 7 ± 2 единиц информации.

Решение.

1. Выполнить функцию **УСТАНОВИТЬ_ВЕСА**(G) для графа G .

2. Скорректировать вручную веса вершин так, чтобы вершины с одинаковым значением длины кратчайшего пути имели разный вес. Чем больше вес, тем раньше они будут представлены обучаемому.

3. Выполнить функцию **СФОРМИРОВАТЬ_ПГРАФЫ**(G , k), где k — количество уровней для обхода графа G в ширину (для формирования первых слоев), задается преподавателем.

функ **УСТАНОВИТЬ_ВЕСА**(G) {

```

1. M = массив(); // массив для хранения вершин и их длин кратчайших
   // маршрутов до корневой вершины
2. Max_Вес = 0;
3. для всех p из множества вершин графа G цикл {
4.     M[p] = КРАТЧАЙШИЙ_МАРШРУТ(p);
5.     Если (M[p] > Max_Вес) Max_Вес = M[p];
6. }
7. для всех p из множества вершин графа G цикл {
8.     ЗАПИСАТЬ_В_БАЗУ(p, M[p], Max_Вес - M[p]);
9. }
}

```

функ **СПГРАФ**(G , **ИВЕРШ**, **ИДУГИ**, **ПВЕРШ**, **ПДУГИ**, $concept$, i , p) {

```

1. если (существует(ИВЕРШ[p])) выход;
2. если (concept > 7) {
3.     ЗАПИСАТЬ_В_БАЗУ_ПГРАФ(G, i, ПВЕРШ, ПДУГИ, concept);

```

```

4.     concept = 0;
5.     ПДУГИ = массив(); // обнуление массива
6.     ПВЕРШ = массив(); // обнуление массива
7.     i = i + 1;
8. }
9. ПВЕРШ[] = p;
10. ИВЕРШ[] = p;
11. ДУГИ = ВИ_ДУГИ(p, ИВЕРШ, ИДУГИ);
12. для всех d из множества ДУГИ цикл {
13.     ПДУГИ[] = d;
14.     ИДУГИ[] = d;
15.     concept = concept + 1;
16. }
17. ДУГИ = ДДУГИ(p, ИДУГИ);
18. для всех d из множества ДУГИ цикл {
19.     СПГРАФ (G, ИВЕРШ, ИДУГИ, ПВЕРШ, ПДУГИ, concept, i);
20. }
}

```

функ **СФОРМИРОВАТЬ_ПГРАФЫ**(G , k) {

```

1. i = 1; // счетчик подграфов
2. concept = 0; // количество понятий в формируемом подграфе
3. ИВЕРШ = массив(); // массив выбранных из графа G вершин
4. ИДУГИ = массив(); // массив выбранных из графа G дуг
5. ПВЕРШ = массив(); // массив вершин подграфа i
6. ПДУГИ = массив(); // массив дуг подграфа i
7. ВЕРШИНЫ = ВЫБРАТЬ_ВЕРШИНЫ(0, G, <=k)
8. для всех p из множества ВЕРШИНЫ цикл {
9.     если (concept > 7) {
10.        ЗАПИСАТЬ_В_БАЗУ_ПГРАФ(G, i, ПВЕРШ, ПДУГИ, concept);
11.        concept = 0;
12.        ПДУГИ = массив();
13.        ПВЕРШ = массив();
14.        i = i + 1;
15.    }
16.    ПВЕРШ[] = p;
17.    ИВЕРШ[] = p;
18.    ДУГИ = ВИ_ДУГИ(p, ИВЕРШ, ИДУГИ);
19.    для всех d из множества ДУГИ цикл {
20.        ПДУГИ[] = d;
21.        ИДУГИ[] = d;
22.        concept = concept + 1;
23.    }
24. }
25. ВЕРШИНЫ = ВЫБРАТЬ_ВЕРШИНЫ(0, G, k+1)
26. для всех p из множества ВЕРШИНЫ цикл {
27.     СПГРАФ (G, ИВЕРШ, ИДУГИ, ПВЕРШ, ПДУГИ, concept, i);
28. }
}

```

Следующим важным механизмом повышения качества запоминания УМ является визуализация изучаемого и изученных подграфов (слов), самого графа понятий с выделением текущего понятия и всей цепочки связи этого понятия с корневой вершиной. Визуализация позволяет дать целостный системный взгляд на изучаемую предметную область и решить целый ряд важных дидактических задач. В настоящее время визуализация графов не является проблемой и может быть выполнена с помощью бесплатно распространяемого программного средства Графвиз [12]. Модули расширений Графвиз существуют для многих скриптовых языков программирова-

ния, и создание web-страницы с визуализированными графами, построенными по вышеописанному алгоритму, не представляет большой сложности. Предлагается следующий метод визуализации изучаемых элементов:

Метод визуализации изучаемых элементов.

- Для реализации целостного взгляда на изучаемый УМ для каждого обучаемого должны визуализироваться следующие структуры:

- граф понятий;
- все подграфы (слои) графа, отсортированные в порядке предъявления (изложения) УМ;
- текущий подграф (слой).

- Изученные понятия отличаются цветом от неизученных.

- Каждое изученное понятие может быть окрашено в цвет, соответствующий уровню понимания этого понятия. Например: «хорошо» — синий; «удовлетворительно» — желтый; «плохо» — красный; «отлично» — серый. Глядя на граф, нужно в первую очередь видеть то, что требует дополнительной проработки, поэтому яркими цветами выделяются плохие оценки, а отличные не выделяются.

- Неизученные понятия окрашены в черный цвет (шрифт и обрамление).

- Текущая цепочка понятий выделяется жирным шрифтом и обрамлением, а текущее понятие — зеленым цветом.

- Преподаватель должен иметь возможность просмотреть результаты изучения УМ каждого из учеников. Результаты должны быть показаны, по желанию преподавателя, в сокращенном виде (только в виде графа) или в полном (со всем набором визуализированных подграфов). И в полном, и в сокращенном виде используются все соответствующие цветовые окраски, предоставляя преподавателю информацию об уровне знаний каждого из обучаемых.

- Визуализация может служить не только средством получения информации и обратной связи, но средством доступа (портального, в случае web-реализации) к обучающим диалогам. Графвиз обеспечивает технологию, когда при щелчке мышью на вершине (понятии) графа обучаемый может быть переадресован на страницу, содержащую ссылки на диалоги, связанные с этим понятием. Диалоги на странице могут быть сгруппированы по уровням сложности.

- При накоплении информации можно заметить, что одни и те же понятия используются разными УМ или дисциплинами. Происходит частичное пересечение графов. Не являясь средством организации междисциплинарных связей, предлагаемая технология тем не менее может служить средством визуализации этих связей.

Визуализация позволяет решить целый ряд дидактических задач. Наиболее важная из них — это целостное восприятие учебного материала [11]. Обучаемый воспринимает УМ не как множество понятий, а как объект, постоянно видя, на каком этапе процесса обучения он находится, как текущая изучаемая часть связана с другими частями УМ и что еще необходимо сделать. Точно так же преподаватель, подходя к анализу знаний обучаемого, видит целостную, объемную картину этих знаний, представленную визуализированным графом. В случае использования визуализации преподавателю нет необходимости проводить регулярные тестирования. Информация накапливается, и достаточно беглого взгляда на граф обучаемого для оценки ситуации. Кроме того, визуализация решает проблему портального доступа к web-контенту УМ.

Заключение

Одним из ключевых моментов повышения качества обучения является анализ содержания учебной дисциплины и ее структурирование. С точки зрения системного подхода к учебному материалу в репетиторской системе, граф понятий УМ должен иметь корневую вершину и реализовывать механизм свертки всех понятий в эту вершину. Такой подход отражает целостное представление об УМ, когда все частные понятия входят неотъемлемой частью в общее (или основное понятие). Необходимость в поэтапной, порционной подаче материала требует разделения графа на части. Такое разделение может быть выполнено в автоматическом режиме с помощью метода и алгоритма, предлагаемого в статье. Каждый полученный подграф будет иметь топологию дерева и содержать 7 ± 2 единицы информации, что, согласно концепциям когнитивной психологии, способствует повышению качества запоминания УМ.

Системный подход к структурированию информации в репетиторской системе позволяет использовать в учебном процессе технологию визуализации УМ. Визуализация позволяет решить одну из важных дидактических задач — задачу целостного восприятия учебного материала. Визуализируются сам граф понятий и его подграфы с выделением текущего изучаемого понятия и всей цепочки связи этого понятия с корневой вершиной. Не менее важным свойством визуализации является отображение информации по каждому обучаемому в виде расцветочного графа, что оказывает преподавателю существенную помощь в оценивании знаний обучаемых.

Литература

1. **Леонова Н. М., Марковский М. В.** Имитационные математические модели процессов адаптивного управления образовательной деятельностью: Монография / Под ред. А. Д. Модяева. М.: МИФИ, 2006. 123 с. (Сер. Социальная кибернетика).
2. **Солсо Р.** Когнитивная психология. 6-е изд. СПб.: Питер, 2006. 589 с.
3. **Снигирева Т. А.** Основы качественной технологии диагностики структуры знаний обучаемых / Под ред. В. С. Черепанова; Исслед. центр проблем качества подготовки специалистов. «Экспертиза». М.; Ижевск, 2006. 128 с.
4. **Уемов А. И.** Системный подход и общая теория систем. М.: Мысль, 1978. 272 с.
5. **Мизинцев В. П., Кочергин А. В.** Проблема аналитической оценки качества и эффективности учебного процесса в школе / Куйб. гос. пед. ин-т. Куйбышев, 1986.
6. **Леонтьев А. П., Гохман О. Г.** Проблемы управления учебным процессом (математические модели). Рига: Зинанте, 1984.
7. **Швырков В. Б.** Введение в объективную психологию: Нейрональные основы психики: Избранные тр. / ИП РАН. М., 2006. 592 с.
8. **Александров И. О.** Формирование структуры индивидуального знания / ИП РАН. М., 2006. 560 с.
9. **Когнитивная психология памяти** / Под ред. У. Найсера, А. Хаймена. СПб.: Прайм-Еврознак, 2005. 640 с.
10. **Гейвин Х.** Когнитивная психология. СПб.: Питер, 2003. 272 с.
11. **Касьянов В. Н., Евстигнеев В. А.** Графы в программировании: обработка, визуализация и применение. СПб.: БХВ-Петербург, 2003. 1104 с.
12. **Официальный сайт Графвиз** // <http://www.graphviz.org/Gallery.php>

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию
Комиссия Российской Федерации по делам ЮНЕСКО
Правительство Санкт-Петербурга
Совет ректоров вузов Санкт-Петербурга

Ассоциация государственных образовательных учреждений высшего профессионального образования
«Национальный объединенный аэрокосмический университет»
Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения (ГУАП)
Кафедра ЮНЕСКО «Дистанционное инженерное образование» (ГУАП)

ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ —
ПРИОРИТЕТЫ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННОГО ОБЩЕСТВА
26–30 мая 2009 г.

Форум будет проходить на борту комфортабельного теплохода «Виссарион Белинский», который совершит круиз из Санкт-Петербурга по рекам Нева и Свирь, Ладожскому и Онежскому озерам — жемчужинам Северо-Западного региона России.

В рамках международного форума будут проведены

Конференция ЮНЕСКО по проблемам высшего образования в условиях глобализации информационных ресурсов
 XII симпозиум по проблемам избыточности в информационных и управляющих системах
 XII конференция по волновой электронике и ее применению в информационных и телекоммуникационных системах

Стоимость

Стоимость участия в форуме для российских участников — 23 000 рублей (в т. ч. НДС), для сопровождающего лица 17 000 (в т. ч. НДС). В стоимость входит регистрационный взнос, публика-

ция тезисов докладов, проживание на теплоходе, трехразовое питание и экскурсионная и культурная программа во время круиза.

Контрольные сроки

Заявки на участие в форуме принимаются до 1 апреля 2009 г.

Дополнительная информация и справки

Оргкомитет международного форума:
 Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения
 190000, Санкт-Петербург,
 Большая Морская ул., 67
 Тел.+7(812) 312-09-37, факс:+7(812) 312-06-58
 e-mail: int@aanet.ru