

О преподавании проектирования систем

М.Ш. Левин

Аннотация. Рассматривается подход к преподаванию проектирования систем с ориентацией на различные области информационных технологий (компьютерные и информационные системы, коммуникации, организационные системы). Подход основан на уровнях: модели и алгоритмы, схемы проектирования/решения задач, базовые типовые задачи (выбор, иерархическое проектирование и др.), реальные приложения. Учебный материал включает системный инжиниринг, системный анализ и многокритериальное принятие решений, оптимизацию и комбинаторную оптимизацию, схемы проектирования, вопросы поддержки жизненного цикла (разработка требований, тестирование, техническое обслуживание, оценивание и диагностика). Кроме того, уделяется внимание ряду системных «технологических» задач: выявление узких мест, улучшение/совершенствование систем (re-engineering), многостадийное проектирование, моделирование процесса эволюции (развития) систем. Подход реализован в ряде курсов, включая курс на факультете радиотехники и кибернетики МФТИ.

Введение

В последние годы внимание к вопросам преподавания информационных технологий и инженерных дисциплин резко возросло [3,5,6,8,9,24,26]. В значительной мере это связано со следующим:

а) усложнением проектируемых и эксплуатируемых систем,

б) многодисциплинарностью большей части систем,

в) повышением значимости ряда системных вопросов (системное мышление в целом, модульность, архитектура систем, синтез систем, системные конфигурации и их изменение),

г) резким уменьшением длительности жизненного цикла систем, что приводит к потребности в многодисциплинарных специалистах, способных осваивать новые знания и навыки в смежных и несмежных профессиональных областях [3,5,6,9,24,26].

Данная работа описывает подход к преподаванию проектирования систем в области информационных технологий. Подход реализован в ряде учебных курсов [11,12,14,15]. В настоящее время базовым учебным курсом является курс проектирования систем на факультете

радиотехники и кибернетики МФТИ [12,15]. В общем случае можно выделить три базовых уровня грамотности в области информационных технологий:

1. Базовая грамотность.

2. Компьютерная грамотность (работа с компьютерами, написание программ, работа в Интернете и др.) [7].

3. Подготовка и принятие решений, анализ и решение прикладных задач [10,14].

Наш подход ориентирован на 3-й уровень. Подход реализует следующий тренд (последовательность) в преподавании (Рис. 1):

- А. Предварительная грамотность в области информационных технологий (например, языки программирования, информационные структуры, прикладные компьютерные системы).

- Б. Основной материал по курсу проектирования систем.

- В. Типовые задачи структурного моделирования, управления, распределения ресурсов для различных типов систем в информационных технологиях (компьютерные и информационные системы, коммуникации, алгоритмы и процедуры, организационные системы, системы управления).

- Д. Приложения (включая многодисциплинарные системы).

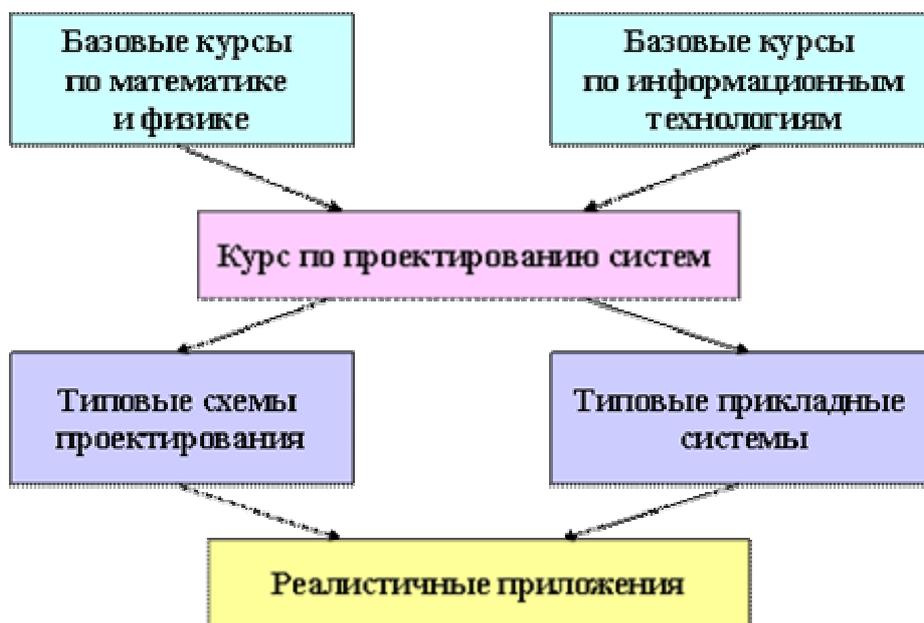


Рис. 1. Схема процесса обучения

Уровни преподавания и структура курса

В рамках данного курса область информационных технологий рассматривается как набор направлений, получающихся на основе декартова произведения двух множеств: (а) стадий жизненного цикла систем (исследование, проектирование, производство, тестирование, эксплуатация и техническое обслуживание, утилизация) и (б) разделов информационных технологий: оборудование (компьютеры, интегральные схемы, коммуникации и др.), программы (операционные системы, коммуникационные пакеты и др.), математические модели и алгоритмы, информация (данные, знания), организационная часть (специалисты, пользователи, человеко-машинные интерфейсы и др.), прикладные системы (информационные системы, системы поддержки принятия решений и др.).

Подход содержит три основных уровня преподавания: (а) модели, алгоритмы (включая семейства моделей и алгоритмов), (б) схемы решения задач (в том числе, типовые схемы), (в) примеры реальных приложений (примеры основаны на опыте и интересах студентов).

Структура базового курса включает следующее:

1. системный инжиниринг (systems engineering) и жизненный цикл;

2. системный анализ и методы многокритериального принятия решений;

3. оптимизация и комбинаторная оптимизация (включая набор основных задач, вопросы сложности, алгоритмы и подходы к построению эвристик);

4. схемы проектирования (design frameworks), включая подходы к проектированию, эволюционные методы, методы исследования пространства параметров, междисциплинарную оптимизацию, морфологические подходы;

5. дополнительные системные вопросы: разработка требований (requirements engineering), тестирование, техническое обслуживание, оценивание и диагностика.

По сути дела, описываемый подход "покрывает" цикл подготовки и принятия решений (Рис. 2): (1) прикладная задача(и), (2) математическая модель(и), (3) схема(ы) решения/алгоритм(ы), (4) программы/процедуры, (5) процессы решения (вычисления, экспертные процедуры), (6) решения. Таким образом, студенты ориентированы на получение знаний и опыта в анализе исходной прикладной задачи и рациональном распределении имеющихся

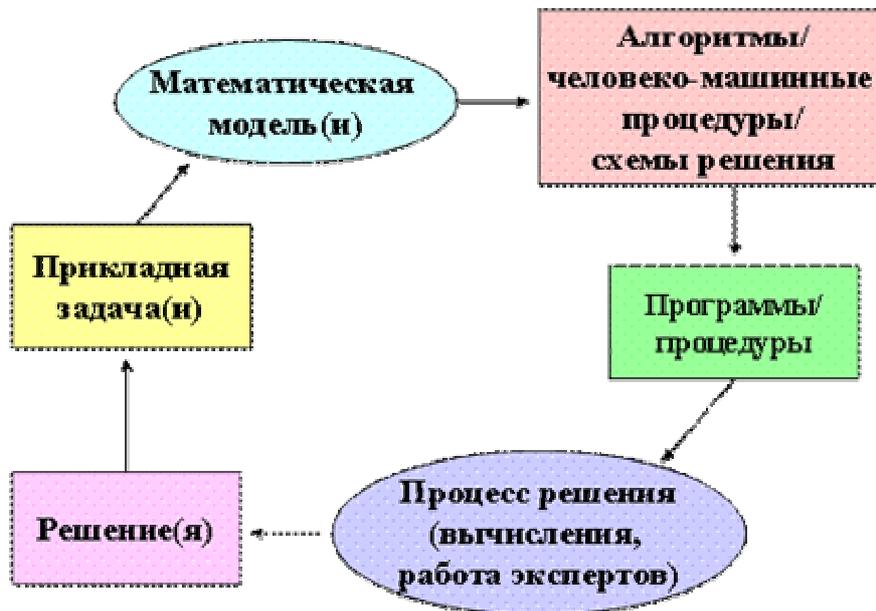


Рис. 2. Цикл анализа, подготовки и принятия решений

ресурсов (включая разработку моделей, алгоритмов, организацию процесса формирования решения) для получения решения.

Кроме того, существенное внимание уделяется не только задаче проектирования, но и ряду других системных «технологических» задач: выявление узких мест, улучшение/совершенствование систем (re-engineering), многостадийное проектирование, моделирование процесса эволюции (развития) систем. Показывается, что рассматриваемые подходы (модели, алгоритмы, проектные схемы) могут быть применены для указанных системных «технологических» задач.

Лабораторные работы

В курс кроме лекций входят 12 лабораторных работ (Рис. 3):

1. Иерархическое проектирование систем.
2. Методы многокритериального ранжирования (метод функции полезности, метод выявления Парето-эффективных решений, метод порогов несравнимости).
3. Многокритериальная задача о рюкзаке.
4. Метод близости к идеальной точке.
5. Иерархическая кластеризация.

6. Многокритериальная задача блочного рюкзака.

7. Иерархическое оценивание модульной системы (иерархии интеграционных таблиц).

8. Типовой составной прикладной пример: кластеризация и многокритериальная задача блочного рюкзака.

9. Задача назначения/размещения.

10. Типовой составной прикладной пример (расширение лабораторной работы 8): кластеризация, задача размещения и многокритериальная задача блочного рюкзака.

11. Задача коммивояжера.

12. Индивидуальная работа по выбору (алгоритм/прикладная задача).

В рамках лабораторных работ студенты должны изучить задачу /модель, написать программу (реализация алгоритма) в среде MatLab [22], подготовить численный пример и отчет о работе. Часть студентов в качестве примеров исследуют прикладные задачи из своей профессиональной области. На первой стадии студенты получают готовую программу для анализа и модификации (лабораторные работы 2, 3, 5, 6). На следующей стадии студенты разрабатывают программы самостоятельно, включая программы, разработанные ими ранее, как базовые модули.

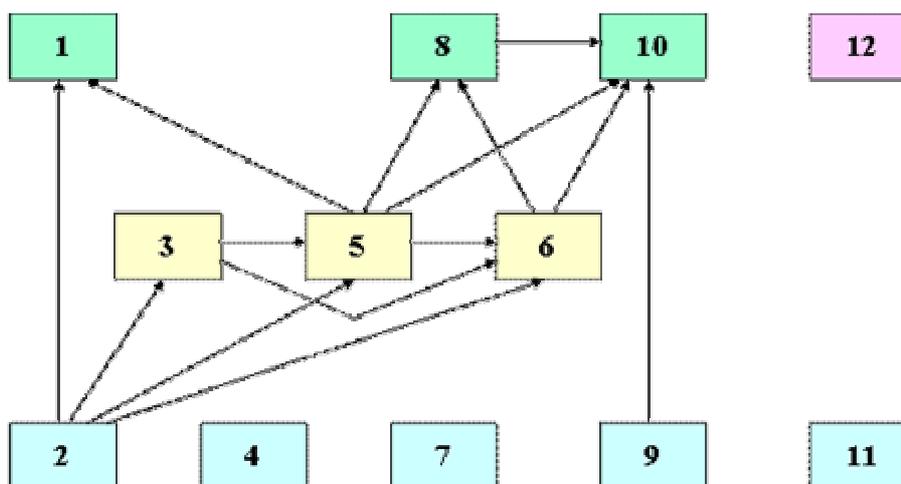


Рис.3. Взаимосвязи между лабораторными работами

Особое значение имеют базовые типовые схемы проектирования, которые соответствуют процессам решения сложных прикладных задач:

1. Иерархическое морфологическое многокритериальное проектирование [12,14,16].
2. Схема сопоставления двух множеств элементов: кластеризация, назначение/размещение, задача блочного рюкзака [12,15].
3. Многостадийное иерархическое проектирование (проектирование траектории системы) [12,14].

Переход к исследовательским проектам

Применение указанных схем проектирования к реальным прикладным задачам приводит к исследовательским и проектным результатам. Таким образом, часть студентов исследует свои прикладные задачи на основе освоенных моделей и схем решения. Это приводит к студенческим проектам на основе опыта и/или интереса студентов. В качестве примеров тем студенческих проектов можно привести следующие:

1. Прикладные программные системы.
2. Анализ и проектирование систем безопасности.
3. Компьютерные системы (например, управление памятью, интегральные схемы).
4. Интернет приложения (в частности построение информационных систем на основе Интернет-серверов).

5. Анализ и проектирование коммуникационных систем (включая протоколы, топологию, задачи тестирования, улучшение и расширение систем).

6. Образование (проектирование компьютерного класса, образовательные сайты в Интернете).

7. Прикладные задачи в спорте (организация соревнований, планирование бодибилдинга и др.).

8. Задачи управления персоналом (выбор и распределение заданий, разработка мотиваций).

9. Искусство (проектирование музыкального проекта).

10. Специальные сложные электронные системы (например, телеметрическая система).

11. Системы управления (построение стратегий маркетинга).

Часть студенческих проектов готовится или уже опубликована в виде статей, например: [13,16,17,18, 19,20,21,25].

Системы образования

Следует упомянуть близкие направления в области университетского образования:

1. инженерный курс по проектированию (Massachusetts Institute of Technology [23]);

2. образовательное направление в области решений задач на основе мышления специалиста в компьютерных науках (Carnegie Mellon University, School of Computer Science, Center ALADDIN, program PROBE [4]);



Рис.4. Учебные материалы и задачи проектирования

3. ряд курсов по системному инжинирингу (Massachusetts Institute of Technology, George Mason University, Stevens Institute of Technology, Rochester Institute of Technology [1,8,24]).

Кроме того, можно указать связь материалов курса с типовыми задачами проектирования в современных системах образования (например: адаптивные системы, в которых студент имеет возможность строить индивидуальные курсы [2]). На Рис. 4 указаны типовые задачи (на уровне преподавателя, на уровне студента), где применимы задачи проектирования, рассматриваемые в рамках курса [15].

Заключение

В данной статье описан подход автора к преподаванию проектирования систем с ориентацией на различные области информационных технологий. Подход является системным, многоуровневым и многодисциплинарным, с ориентацией на моделирование, анализ, синтез иерархических модульных систем. Существенной частью курса являются 12 лабораторных работ, ориентированных на следующее:

- закрепление материала курса (системный подход, системный инжиниринг, моделирование и разработка алгоритмов и др.),

- разработку каждым студентом своего набора инструментальных средств, включая программы, алгоритмы, модели, типовые приложения,

- освоение этапа постановки задачи и построение соответствующей модели или схем моделей для приложений,

- подготовка отчетов (получение предварительного опыта для подготовки научно-технических отчетов и статей).

Ряд лабораторных работ являются комплексными и могут соответствовать различным реальным приложениям (например, лабораторные работы 1, 5, 8, 10, 12). В рамках курса, читаемого в МФТИ, проводится работа по созданию библиотеки статей студентов, соответствующих по тематике различным разделам курса и лабораторным работам (в первую очередь упомянутым комплексным лабораторным работам).

Литература

1. D.E. Brown, W.T. Scherer, A comparison of systems engineering programs in the United States. IEEE Trans. on SMC, Part C, 30(2), 204-212, 2000.
2. P. Brusilovsky, Developing adaptive educational hypermedia systems: From design models to authoring tools, in: T. Murray, S. Blessing and S. Ainsworth (Eds.), Authoring

- Tools for Advanced Technology Learning Environment. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, pp. 377-409, 2003.
3. Computing Curricula 2005 (Draft), Project of ACM, AIS, IEEE-CS, April 2005.
 4. Center ALADDIN, School of Computer Sciences, Carnegie Mellon University, <http://www.aladdin.cs.cmu.edu/>
 5. P.J. Denning, The Profession of IT. Career Redux, Comm. of the ACM, 45(9), 21-26, 2002.
 6. C.L. Dym, A.M. Agogino, O. Eris, D.D. Frey, L.J. Leifer, Engineering design thinking, teaching, and learning, J. of Eng. Education, pp. 103-120, 2005.
 7. A.P. Ershov. Aesthetics and human factor in programming. Comm. of the ACM, 15(7), 501-505, 1972.
 8. D. Grant, P.H. Steiblitz, W. Walter, On developing system architecture, systems engineering, and project management courses at RIT, Proc. of Int. Conf. on Syst. Eng., Las Vegas, pp. SE109-113, 1999.
 9. T.C. Lethbridge, Priorities for the education and training of software engineers, J. of Systems and Software, Vol. 53, No. 1, pp. 53-71, 2000.
 10. М.Ш. Левин, О третьей грамотности. НТИ, сер. 2, 1995, N. 6.-С.20-30. (М.Ш. Левин, The third literacy. Automatic Doc. And Math. Ling., 29(3), 66-81, 1995)
 11. М.Ш. Левин, О преподавании информационных технологий. НТИ, сер. 1.-1996.- N. 5.-С. 14-23.
 12. М.Ш. Левин, Course on system design (English & Russian), <http://www.iitp.ru/mslevin/SYSD.HTM>, 2004...2007.
 13. М.Ш. Левин, А.М. Tsyganova, Hierarchical morphological approach to protocol analysis and design. Intl. Workshop "Distributed Computer and Communication Networks", Sofia, Bulgaria, pp. 217-221, 2005.
 14. М.Ш. Левин, Composite Systems Decisions. Springer, 2006.
 15. М.Ш. Левин, Desing of systems: structural approach", DETC2006-99547, 18th Int. Conference on Design Theory and Methodology DTM, Pennsylvania, USA, 2006.
 16. М.Ш. Левин, А.В. Сафонов, Проектирование и перепроектирование конфигураций оборудования коммуникационной сети. Информационные технологии и вычислительные системы, N. 4, 63-73, 2006.
 17. М.Ш. Левин, R.D. Grigorov, Composition: Web-based applied information infrastructure. (submitted) 2007.
 18. М.Ш. Левин, R.O. Vishnitskiy, Hierarchical morphological design of GSM system. Information Processes, 7(2), 183-190, 2007, <http://www.jip.ru/2007/183-190-2007.pdf>
 19. М.Ш. Левин, Т.А. Borzhievsky, Towards morphological approach to electronic shopping. (under submission) 2007.
 20. М.Ш. Левин, И. Ходаковский, Морфологическое проектирование телеметрической системы. Информационные процессы, 7(2), 191-198, 2007. <http://www.jip.ru/2007/191-198-2007.pdf>
 21. М.Ш. Левин, Р. Корейнюшкин, О модульном проектировании стратегии принятия решений. Межд. конф. «Системный анализ и информационные технологии» (САИТ-2007), сент. 2007.
 22. MatLab, <http://www.matworks.com>
 23. MIT OpenCourseWare, <http://ocw.mit.edu>
 24. A.P. Sage, Systems engineering education, IEEE Trans. SMC, Part C, Vol. 30, pp. 164-174, 2002.
 25. А.В. Сафонов, М.Ш. Левин, Перепроектирование конфигурации сетевого оборудования. Труды 6-й межд. конф. CAD/CAM/PDM-2006, ИПУ РАН, Москва, 179-183, 2006, <http://lab.18.ipu.rssi.ru/projects/conf2006/contents.htm>
 26. О. Yasar, R.H. Landau, Elements of computational science and engineering education. SIAM Review, vol. 45, no. 4, pp. 787-805, 2003.

Левин Марк Шмуилович. Родился в 1948 году. Окончил Московский электротехнический институт связи в 1970 году и механико-математический факультет МГУ в 1975. Кандидат технических наук, автор более 100 научных работ и трех монографий. Круг научных интересов: системный анализ, проектирование систем, комбинаторная оптимизация, многокритериальное принятие решений, инженерное образование. Проводил научные исследования в России, Японии, Израиле и Канаде. Старший научный сотрудник Института проблем передачи информации РАН и доцент МФТИ.