

И. А. Сабанаев, З. Ф. Сабанаева

## ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ПО ПРОФИЛЮ

### «ОБОРУДОВАНИЕ НЕФТЕ- И ГАЗОПЕРЕРАБОТКИ»

*Ключевые слова:* рейтинговая система, моделирование, оптимизация, нефте- газопереработка.

*Представлены результаты решения задачи оптимизации рейтинговой системы контроля уровня знаний студентов, обучающихся по направлению «Технологические машины и оборудование» профиль «Оборудование нефте- и газопереработки».*

*Keywords:* rating system, modeling, optimization.

*It is presents the results of solving the optimization problem of rating system controls the level of knowledge on a subject "Strength of Materials" from students enrolled in "Manufacturing machinery and equipment" profile "Equipment oil and gas processing".*

#### Введение

В последние несколько лет российские вузы используют рейтинговую форму оценки уровня усвоения учебного материала. В каждом учебном заведении разработаны свои нормативные документы, регулирующие процесс функционирования системы в учебном процессе. Принято, что кафедры и преподаватели проектируют методику оценки знаний учащихся на основе общих требований заведения с учетом специфики своего предмета. Как правило, нормативная составляющая описывает только общие требования и особенности системы. Таким образом, проектирование ее структуры и правил функционирования полностью зависит от преподавателя. В результате разрабатываемые разными преподавателями модели рейтинговых систем значительно отличаются друг от друга [1]. Опыт практического применения рейтинговой формы контроля знаний в процессе изучения дисциплины «Сопrotивление материалов» для профиля «Оборудование нефте- и газопереработки» выявил некоторые ошибки в самых разных проектах моделей систем и необходимость их корректирования.

Большинство ошибок связано с тем, что изначально заданные параметры модели не всегда позволяют получить правильную оценку знаний студентов. Поведение разработанной системы не вполне адекватно реальному учебному процессу. Чтобы задать корректные значения основных ее параметров нужно заранее оценить все возможные варианты состояний системы, степень соответствия полученных результатов реальному уровню знаний студентов. В любом случае, оценить результат можно только после завершения процесса изучения дисциплины. Определить поведение системы еще на этапе ее проектирования, получить решения в различных точках факторного пространства можно путем моделирования ее работы [2].

#### Экспериментальная часть

В практике применения рейтинговой системы существует несколько альтернативных моделей. В основу одних методик расчета итогового рейтинга положен тезис о том, что студент, плохо работавший на аудиторных занятиях или их пропускавший,

все равно плохо освоит учебный материал и пройти успешно промежуточный контроль не сможет. Осваивать материал ему придется самостоятельно. Такой подход заложен, например, в модульном принципе формирования системы. Очевидно, он оправдан во время работы со студентами, обучающимися по вечерней форме, основную часть которых составляет работающая молодежь.

Для студентов очной формы обучения лучше применять модель, которая стимулирует аудиторную работу и не допускает пропуска занятий [3]. Студент должен знать, что за успешную работу во время каждого аудиторного занятия (пройденную тему) он получает определенное число баллов. В таком случае он заинтересован в активной работе во время аудиторных занятий. Математическое описание такой модели усложняется. Проблема в том, что нулевой балл хотя бы за одно занятие должен привести к недобору итогового рейтинга. Однако высокие оценки контрольных мероприятий могут перекрыть этот дефицит.

Возможна противоположная ситуация, когда хорошая посещаемость и работа во время аудиторных занятий может привести к состоянию, когда студенту вообще можно не сдавать какой-либо промежуточный контроль – необходимый минимальный рейтинг достигнут и без него. Такие ситуации возможны вследствие того, что на этапе проектирования рейтинговой системы допущены ошибки – веса аудиторных занятий или контрольных мероприятий завышены или, наоборот, занижены. Таким образом, очень важно правильно подобрать веса контрольных мероприятий и веса аудиторных занятий [4]. И здесь возможен подход, суть которого состоит в моделировании системы контроля уровня знаний в результате решения обратной задачи при моделировании процесса накопления знаний. Один из примеров решения обратных задач показан в [5].

Предварительный анализ показывает, что рассматриваемая проблема является оптимизационной и требует решения задачи поиска оптимальных параметров системы [6]. Более детальный анализ позволяет уточнить, что сформулированная оптимизационная задача относится к классу задач линейного программирования [7]. Рассмотрим ее постановку более подробно.

Нормативы в рассматриваемой задаче взяты из положения о рейтинговой системе КНИТУ. В качестве примера выбран вариант оценивания дисциплины «Сопротивление материалов», для которой в качестве итогового контроля принят итоговый экзамен. Успешная сдача экзамена позволяет получить рейтинг от 24 до 40 баллов. Для допуска к экзамену требуется текущий рейтинг в объеме не ниже 36 единиц. Максимальный текущий рейтинг не может превышать 60 баллов. Таким образом, итоговый рейтинг оказывается в диапазоне от 60 до 100 баллов. Диапазон 60 – 73 балла соответствует оценке «удовлетворительно», 74 – 87 соответствует оценке «хорошо», от 88 до 100 баллов – оценке «отлично».

Проведем формализацию задачи и на ее основе разработаем математическую модель системы. В семестр по дисциплине учебным планом предусмотрено выполнение  $N_z$  аудиторных занятий и  $N_k$  контрольных мероприятий.

Зададим параметры модели [8].

1) выполнение всех аудиторных занятий и выполнение всех контрольных мероприятий даже минимально допустимым числом баллов должно обеспечивать рейтинг, достаточный для допуска к экзамену.

2) пропуск хотя бы одного занятия, при выполнении всех контрольных мероприятий даже с максимальным числом баллов не должно давать рейтинга, достаточного для допуска к экзамену – пропущенное занятие должно быть отработано.

3) невыполнение хотя бы одного контрольного мероприятия, даже при успешном выполнении всех аудиторных занятий не должно давать рейтинга, достаточного для допуска к экзамену.

Каждое аудиторное занятие оценивается по четырехбалльной шкале:

- неудовл. -  $K_z = 0$ ;
- удовл. -  $K_z = 1$ ;
- хорошо. -  $K_z = 2$ ;
- отлично. -  $K_z = 3$ ;

Примем пропорциональную формулу расчета суммарного рейтинга уровня знаний. Пусть рейтинг занятия рассчитывается по формуле:

$$R_z = R_{0z} + K_z \cdot R_{1z},$$

где  $R_{0z}$  и  $R_{1z}$  – весовые коэффициенты аудиторных занятий.

Общий рейтинг за аудиторную работу можно рассчитать как сумму рейтингов всех занятий. Минимальный общий рейтинг аудиторных занятий вычисляется по формуле:

$$R_{zmin} = N_z \cdot (R_{0z} + R_{1z})$$

Максимальный общий рейтинг:

$$R_{zmax} = N_z \cdot (R_{0z} + 3 \cdot R_{1z}).$$

Аналогичные формулы можно построить для расчета рейтинга за контрольные мероприятия. Пусть веса всех контрольных мероприятий равны. Тогда модель можно дополнить следующими положениями:

Каждое контрольное мероприятие оценивается по четырехбалльной шкале:

- неудовл. -  $K_k = 0$ ;
- удовл. -  $K_k = 1$ ;

хорошо. -  $K_k = 2$ ;

отлично. -  $K_k = 3$ ;

Пусть рейтинг занятия рассчитывается по формуле:

$$R_k = R_{0k} + K_k \cdot R_{1k},$$

где  $R_{0k}$  и  $R_{1k}$  – весовые коэффициенты контрольных мероприятий.

Общий рейтинг за аудиторную работу можно рассчитать как сумму рейтингов всех занятий. Минимальный общий рейтинг аудиторных занятий вычисляется по формуле:

$$R_{kmin} = N_k \cdot (R_{0k} + R_{1k})$$

Максимальный общий рейтинг:

$$R_{kmax} = N_k \cdot (R_{0k} + 3 \cdot R_{1k}).$$

Перечисленные положения в математической форме записываются в виде ограничений:

$$1) N_z \cdot (R_{0z} + R_{1z}) + N_k \cdot (R_{0k} + R_{1k}) = 36$$

$$2) (N_z - 1) \cdot (R_{0z} + 3 \cdot R_{1z}) + N_k \cdot (R_{0k} + 3 \cdot R_{1k}) \leq 59$$

$$3) N_z \cdot (R_{0z} + 3 \cdot R_{1z}) + (N_k - 1) \cdot (R_{0k} + 3 \cdot R_{1k}) \leq 59$$

Значения  $N_k$  и  $N_z$  заданы – установлены учебным планом. Подбираемыми параметрами являются значения  $R_{0z}$ ,  $R_{1z}$ ,  $R_{0k}$  и  $R_{1k}$ .

Целевая функция для решения задачи оптимизации должна быть записана так:

$$4) N_z \cdot (R_{0z} + 3 \cdot R_{1z}) + N_k \cdot (R_{0k} + 3 \cdot R_{1k}) = 60$$

Для двухфакторных моделей задача линейного программирования может быть решена графическим способом. Такой способ достаточно прост и нагляден. Сформулированная модель рейтинговой системы контроля уровня знаний включает четыре подбираемых параметра. Чтобы воспользоваться возможностью графического решения упростим задачу, задав два из четырех факторов. При заданных значениях  $R_{z0} = 1,33$  и  $R_{k0} = 0$ , получается решение, показанное на рисунке 1.

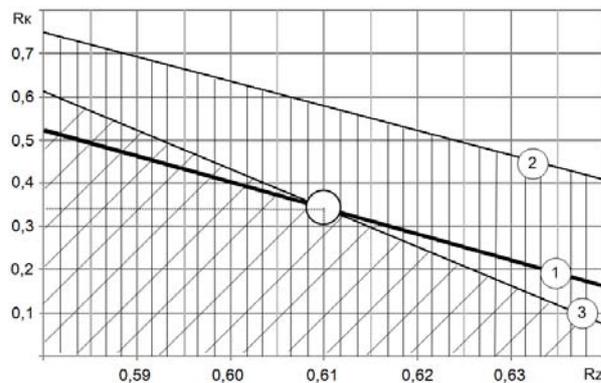


Рис. 1 – Графическое решение одного из вариантов задачи

Прямые, обозначенные цифрами 1, 2 и 3, соответствуют границам областей, задаваемых положениями математической модели, соответственно 1, 2 и 3. Кроме того, прямая 1 в рассматриваемом решении совпадает с прямой 4, которая задает направление целевой функции. Графические построения позволяют получить решение:  $R_{z1} = 0,61$ ;  $R_{k1} = 0,34$ . Таким образом, студент при выполнении контрольной работы, например, на отлично получает 1 балл рейтинга. За такую же оценку на практическом занятии рейтинг составит уже 3,16 баллов. Такой нелогичный результат объясняется, прежде все-

го, упрощением постановки задачи, отказом от подбора коэффициентов  $Rz0$  и  $Rk0$ , что было обусловлено попыткой графического решения задачи.

Решение задачи в исходной постановке может быть получено с помощью специализированных компьютерных программ или математических программных пакетов. В наше время разработано достаточное количество прикладных программных средств для решения задачи линейного программирования. Наиболее известной из них является программа Premium Edition Solver компании FrontLine Systems. Компания разработала для корпорации Microsoft надстройку в табличный процессор MS Excel «Поиск решения» (solver.xlam) на основе этой программы для поставки совместно с табличным процессором MS Excel.

Наибольший интерес представляют результаты работы по определению основных параметров модели рейтинговой системы контроля по конкретной дисциплине – «Прикладная механика, часть 1 (Сопротивление материалов)» для студентов очной формы, обучающихся по направлению подготовки «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии», профиль – «Машины и аппараты химических производств». Учебным планом предусмотрено 18 практических и 9 лабораторных занятий, одной расчетно-графической, одной контрольной работы и двух коллоквиумов в форме теста по модулям, соответственно, практических и лабораторных занятий. Таким образом, общее число контрольных мероприятий промежуточного контроля равно четырем.

Для приведенных исходных параметров модели с помощью надстройки «Поиск решения» удалось получить решение, включающее оптимальные значения коэффициентов задачи линейного программирования:  $Rz0 = 0,741$ ;  $Rz1 = 0,086$ ;  $Rk0 = 1$ ;  $Rk1 = 2,417$ .

Это позволило определить весовые коэффициенты аудиторных занятий и контрольных мероприятий:

каждое аудиторное занятие должно оцениваться по шкале:

отсутствие на занятии или неудовлетворительная оценка – 0;  
удовл. – 0,83;  
хорошо. – 0,91;  
отлично. – 1;

каждое контрольное мероприятие должно оцениваться по шкале:

отсутствие на занятии или неудовлетворительная оценка – 0;  
удовл. – 3,42;  
хорошо. – 5,83;  
отлично. – 8,25.

В итоге, минимальный текущий рейтинг по дисциплине составит  $0,83 \cdot 27 + 3,42 \cdot 4 = 36$  баллов;

максимальный рейтинг -  $1 \cdot 27 + 8,25 \cdot 4 = 60$  баллов.

Особенность полученного решения состоит в том, что задаются достаточно большие весовые коэффициенты для контрольных мероприятий. В частности, удовлетворительная оценка во время контрольной работы или теста дает столько же баллов, сколько удовлетворительная работа на четырех (точнее 4,1) практических занятиях. Отличная же оценка на промежуточном контроле равна почти десяти (точнее - 9,9) удовлетворительным практическим работам. Такая система стимулирует большую часть студентов группы на лучшую подготовку к контрольным работам и, в то же время, позволяет слабым студентам, не пропускающим занятия успешно получать допуск к экзамену. Однако пропуски занятий отрицательно сказываются на итоговых оценках как сильных, так и слабых студентов.

### Заключение

Обобщая результаты работы можно сформулировать ряд выводов:

- 1) разработана математическая модель рейтинговой системы контроля уровня знаний студентов по сопротивлению материалов;
- 2) показано, что модель по своей сути является оптимизационной и относится к классу задач линейного программирования;
- 3) предложена технология решения задачи определения оптимальных коэффициентов модели рейтинговой системы контроля знаний студентов по сопротивлению материалов;
- 4) получено решение задачи для дисциплины «Сопротивление материалов» в соответствии с учебным планом для направления «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» профиль «Машины и аппараты химических производств».

### Литература

1. О.Н. Тимофеев, *Вестник Казанского технологического университета*, 1, 266 - 269 (2011).
2. И.А. Сабанаев, З.Ф. Сабанаева, *Вестник Казанского технологического университета*, 18, 290 - 294 (2012).
3. Д.Ш. Сагетдинов, З.К. Тагирова, *Вестник Казанского технологического университета*, 20, 341 - 344 (2011).
4. Муслимова Н.Н. *Вестник Казанского технологического университета*, 1, 357 - 361 (2010).
5. И.А. Сабанаев, Ф.М. Алмакаева, З.Ф. Сабанаева, *Вестник Казанского технологического университета*, 15, 315 - 318 (2013).
6. А.А. Исаев, А.В. Дмитриев, И.А. Сабанаев, *Вестник Казанского технологического университета*, 18, с.237-240 (2013).
7. И.А. Сабанаев, З.Ф. Сабанаева, *Психолого-педагогический журнал Гаудеамус*, 2, с.387-388 (2010).
8. И.А. Сабанаев, З.Ф. Сабанаева, В сб. *Теория и практика воспитания в образовательной системе технического вуза. Инновационно-издательский дом «Бутлеровское наследие»*, Казань, 2007. С. 49 – 50