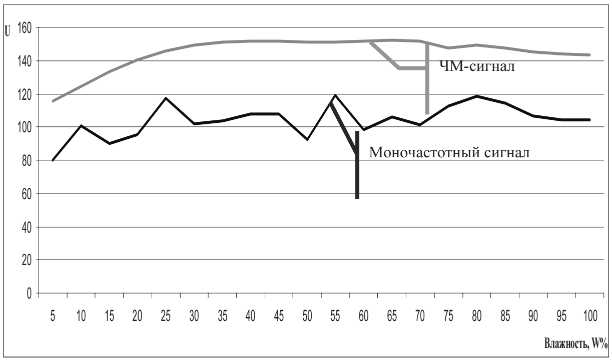

Рис. 6. Зависимости $U_{сред}$ ЧМ-сигнала и $U_{св}$ моночастотного сигнала от влажности при «равномерном» намокании грунта

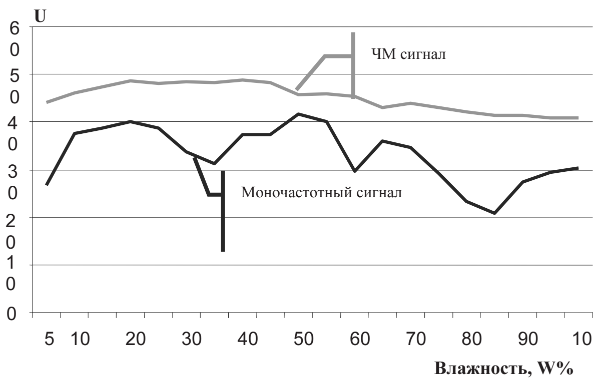

Рис. 7. Зависимости $U_{сред}$ ЧМ-сигнала и $U_{св}$ моночастотного сигнала от влажности при «неравномерном» намокании грунта

Как видно из графиков рис. 6-7, зависимости среднего напряжения $U_{св}$ от влажности при частотно-модулированном зондирующем излучении представляет собой достаточно гладкую кривую, не испытывающую резких скачков. Аналогичные результаты были получены для различных вариантов конструктивного размещения излучающих кабелей на рубеже охраны. Проведенные натурные испытания СО ЛВВ не были масштабными, однако их результаты хорошо согласуются с результатами описанного в статье моделирования.

Можно утверждать, что использование зондирующего сигнала с частотной модуляцией позволит компенсировать паразитную зависимость сигнала связи от параметров грунта, повысить устойчивость средств обнаружения на основе линии вытекающей волны к неблагоприятным погодным воздействиям и активно применять СО ЛВВ с подземным размещением излучающих кабелей для охраны важных государственных объектов.

Литература

1. Бакланов В.В. Моделирование дифракционных явлений в двухкабельном средстве обнаружения на основе подземных линий вытекающей волны. Дисс. к.т.н. УГТУ-УПИ, Екатеринбург 1997. – 226 с.
2. Духан Е.И. Повышение эффективности средств обнаружения на основе линий вытекающей волны путем частотной модуляции зондирующего излучения. Дисс. к.т.н. УГТУ-УПИ, Екатеринбург, 2002. – 193 с.
3. Грунтоведение. Под ред. В.Т. Трофимова. М.: Изд. МГУ, 2005. – 1024 с.
4. Лобачев В.А., Рознов С.В. Влияние состояния грунта на сигнал от цели в средствах обнаружения на основе линии вытекающей волны // Специальные вопросы атомной науки и техники. Сер. ТСО. М.: ЦНИИАтомИнформ, Вып. 2, 1986. – С. 41-47.

УПРАВЛЕНИЕ И ПОДГОТОВКА КАДРОВ ДЛЯ ОТРАСЛИ ИНФОКОММУНИКАЦИЙ

УДК 004.94

МОДЕЛЬ ИНДИВИДУАЛИЗИРОВАННОЙ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В ИНФОКОММУНИКАЦИОННОЙ СРЕДЕ ВУЗА

Козлов В.В., Пиявский С.А.

В статье рассматривается методика повышения качества образования путем индивидуализации рабочих графиков. Общий поток обучаемых дифференцируется по уровню свой начальной готовности на два потока. Рабочие графики для каждого из потоков формируются на основе оптимизационной модели по критерию максимальной начальной готовности потоков. Для оптимизационной модели предложена математическая постановка задачи линейного программирования.

Проблема индивидуализации обучения – одна из центральных в эволюции образовательной системы. Двумя ее крайними полюсами являются система гувернеров и классно-урочная система. Очевидно, что ни одна из крайних систем не оптимальна: кроме явно завышенной стоимости обучения, система гувернеров еще более важный недостаток – обучаемый не получает опыта группового общения и опыта социализации. Следовательно, стоит задача – найти точку оптимума между двумя крайними полюсами.

Современные тенденции информатизации открывают такую возможность [1-2]. Наиболее оптимален подход, предусматривающий трех уровневую индивидуализацию на уровнях:

- рабочих графиков;
- технологических карт;
- непосредственного освоения отдельных дисциплин.

В настоящей статье рассматривается первый уровень индивидуализации обучения. Технология индивидуализированного обучения в виде схемы, представлено на рис. 1.

Согласно представленной схеме поток обучаемых в начале учебного года подвергается тестированию по всем дисциплинам, изучение которых намечено на текущий учебный год. По результатам тестирования формируются матрицы начальной готовности. В процессе формирования матрицы учитываются и оценки за предыдущие семестры. Это обеспечивается введением дерева междисциплинарных связей между дисциплинами по дидактическим единицам. Далее, на основе сформированных матриц начальной готовности для потока обучаемых формируется оптимальный семестровый рабочий график на основе плана обучения на весь год, максимально учитывающий особенности подготовки обучаемых. После сдачи первой (зимней) сессии обучаемые посещают краткосрочные подготовительные курсы. Целью этих курсов является дополнительная подготовка обучаемых к дисциплинам, изучаемым во втором (весеннем) семестре. Далее обучаемые учатся по рабочему графику, содержащему оставшиеся дисциплины и сдают летнюю сессию. Необходимым условием для применения описанной выше технологии является наличие предварительно разработанной матрицы требований к изучаемым дисциплинам по уровню усвоения отдельных дидактических единиц предшествующих дисциплин, а также матрицы связи дисциплин учебного плана, определяющей логический порядок изучения этих дисциплин.

Рис. 1. Схема индивидуализированного обучения в гибких потоках

Приведем математические модели, позволяющие оптимальным образом распределить дисциплины по семестрам внутри учебного года. Более подробно с данной информацией можно ознакомиться в [3].

Идея задачи оптимизации рабочего графика с учетом начальной готовности обучаемых по отдельным дисциплинам по критерию максимальной готовности всей группы обучаемых заключается в следующем:

- определяется начальная готовность обучаемых по отдельным дисциплинам;
- разрабатывается семестровый рабочий график, включающий только те дисциплины, по которым готовность обучаемых максимальна.

Пусть есть перечень из *M* дисциплин, изучение которых намечено на текущий курс указанной группы обучаемых. Нумерацию дисциплин также произведем от 1 до *M*. Введем матрицу трудоемкости изучения дисциплин. При этом будем различать дисциплины по группам, например, естественно-научный, гуманитарно-социальный, общепрофессиональный циклы и дисциплины специализации.

Пусть всего имеется w циклов. Тогда общая трудоемкость изучения j-ой дисциплины G_j определяется выражением:

$$G_j = \sum_{w=1}^{W} G_j^w, \ где\ G_j^w - трудоемкость\ по\ циклу\ w.$$

Дисциплины являются взаимосвязанными и их взаимосвязи определяются матрицей связей L_{jk}, где j и k меняются от 1 до M.

$$L_{jk} = \begin{cases} 1, \textit{требуется знание дисциплины } k; \\ 0, \textit{нет предварительных условий}. \end{cases}$$

Элементы матрицы L_{jk} определяются экспертами путем анализа отдельных разделов учебных планов по соответствующим дисциплинам.

Введем двоичный вектор S_j, где j меняется от 1 до M:

$$S_j = \begin{cases} 1, \textit{дисциплина изучается в семестре}; \\ 0, \textit{дисциплина не изучается в семестре}. \end{cases}$$

Исходя из существования матрицы связей и вектора трудоемкости изучения отдельных дисциплин, очевидно, что не всякий рабочий график будет допустим – требуется соблюдение трех условий, а именно:

- соблюдение междисциплинарных связей;
- соблюдение равномерного распределения часов по семестрам;
- обеспечение равной нагрузки по всем циклам дисциплин.

Условие соблюдения междисциплинарных связей удобно записать в виде величины, характеризующей количество нарушений этих связей. Для этого вначале введем вектор U_j числа нарушений связей по j-ой дисциплине $U_j = \sum_{k=1}^{M} L_{jk} S_k$. Суммарное количество нарушений будет равно:

$$U = \sum_{j=1}^{M} U_j .$$

Введем ограничение на отклонение рабочего графика от рекомендуемого по специальности. Пусть есть рекомендованный по специальности график вектор R_j, где j меняется от 1 до *M*:

$$R_j = \begin{cases} 1, \textit{дисциплина изучается в семестре } 2; \\ 0, \textit{дисциплина изучается в семестре } 1. \end{cases}$$

Тогда выражение $(R_j - S_j)^2$ будет принимать значение 0, если дисциплина j изучается по оптимизированному графику в том же семестре, что и по примерному графику по специальности и 1 в противном случае (то есть дисциплина перенесена в другой семестр по сравнению с примерным графиком). Значит, суммарное число перенесенных дисциплин определится выражением $\sum_{j=1}^{M} \left(R_j - S_j\right)^2$, где имеется нелинейность в виде квадрата. Для построения задачи линейного программирования от этой нелинейности необходимо уйти. Представим S_j в следующем виде: $S_j = R_j - T_j + Q_j$. Значения величин T_j и Q_j определяются по правилу:

	$R_j = 0$	$R_j = 1$
$S_j = 0$	$T_j = 0$ $Q_j = 0$	$T_j = 1$ $Q_j = 0$
$S_j = 1$	$T_j = 0$ $Q_j = 1$	$T_j = 0$ $Q_j = 0.$

С учетом значений, указанных в таблице и в рамках целочисленной задачи:

$$\sum_{j=1}^{M} \left(R_j - S_j\right)^2 = \sum_{j=1}^{M} \left(T_j + Q_j\right) .$$

Теперь величины S_j перестают быть переменными оптимизации и становятся функциями. Взамен вводятся два вектора переменных с рядом ограничений:

$$\begin{cases} S_j = R_j - T_j + Q_j; \\ S_j \le 1; \\ T_j, Q_j - \textit{двоичные}. \end{cases}$$

Число часов по дисциплинам, изучаемым в семестре, есть $H = \sum_{j=1}^{M} G_j S_j = \sum_{w}^{W}\sum_{j}^{M} G_j^w S_j$.

Кроме общего числа часов введем ограничение на минимальное количество часов по каждому из циклов $\sum_{j=1}^{M} G_j^w S_j \ge H_{\min}^w$, где $H_{\min}^w$ – минимальная трудоемкость по w-му циклу. Таким образом, обеспечивается требуемая сложность, а также профессиональная ориентированность рабочего графика.

Итак, условия допустимости рабочего графика сформулированы. Теперь перейдем к оптимизации рабочего графика с учетом начальной готовности обучаемых по отдельным дисциплинам.

Пусть имеется группа из N обучаемых с номерами от 1 до N. Введем матрицу начальной готовности обучаемых к изучению цикла дисциплин учебного года – двух семестров. Обозначим эти величины через матрицу A_{ij}, где индекс i – обозначает обучаемого, j – дисциплину.

Очевидно, что по готовность обучаемых к изучению дисциплин не однородна. Очевидно также, что в первую очередь должны изучаться те дисциплины, к которым эта готовность наибольшая. Изучение дисциплин, к которым готовность ниже должна быть перенесена на другой семестр в сочетании с дополнительными подготовительными курсами по ним.

Рассмотрим модель, предусматривающую оптимальное распределение дисциплин по учебным семестрам. Условимся рассматривать замкнутую модель – рассматривается замкнутая система дисциплин; все дисциплины должны быть изучены в течение двух семестров (одного учебного года). Тогда немного меняется смысл компонент вектора S_j. Тут компоненты данного вектора определяют семестр изучения дисциплины:

$$S_j = \begin{cases} 1, \textit{дисциплина изучается в семестре } 2; \\ 0, \textit{дисциплина изучается в семестре } 1. \end{cases}$$

Ввиду замкнутости системы дисциплин ограничивать нагрузку на обучаемых будем только во втором семестре.

Для любых w справедливо:

$$H_{\min} \le \sum_{w}^{W}\sum_{j}^{M} G_j^w S_j \le H_{\max}; \ \sum_{j=1}^{M} G_j^w S_j \ge H_{\min}^w.$$

Описанный подход имеет недостаток – требуется точное знание количества часов. В данном случае, используя допущение о замкнутости задачи в пределах семестра – этот недостаток можно преодолеть, перейдя к безразмерным величинам, выраженным в процентах. Введем понятие коэффициента неравномерности как отношения суммарной нагрузки в семестре по w-му циклу к общему количеству часов на цикле.

$$H^0 = 100 \cdot \frac{\sum_{j=1}^{M} G_j^w (1 - S_j)}{\sum_{j=1}^{M} G_j^w};$$

$$H^1 = 100 \cdot \frac{\sum_{j=1}^{M} G_j^w S_j}{\sum_{j=1}^{M} G_j^w}.$$

В случае идеального баланса часов обе эти величины примут значение 50%. Общий коэффициент неравномерности определяется выражением

$$H = 100 \cdot \frac{\sum_{w=1}^{W}\sum_{j=1}^{M} G_j^w (1 - S_j)}{\sum_{w=1}^{W}\sum_{j=1}^{M} G_j^w}.$$

Допустим, что эффект от дополнительной подготовки по j-ой дисциплине для i-го обучаемого пропорционален количеству часов, отведенных на эту подготовку и определяется выражением $\Delta A_{ij} = \frac{5B_{ij}}{G_j}$, где B_{ij} – число часов, отведенных i-му обучаемому на подготовку к j-ой дисциплине.

Очевидно, что эффект от дополнительной подготовки будет только для дисциплин, изучаемых во втором семестре. Ясно также, что готовность обучаемого с учетом дополнительного эффекта не может превосходить пяти баллов, тогда итоговая готовность обучаемых будет $A_{ij}^* = \min(A_{ij} + S_j \Delta A_{ij}, 5)$. Множитель S_j здесь необходим, так как эффект от дополнительной подготовки будет только для дисциплин, изучаемых во втором семестре.

В выражении имеются две нелинейности. Одна из них, заключающаяся в использовании функции минимума, обеспечивает корректное решение и позволяет исключить тривиальное решение – бесконечно высокая готовность обучаемых по одной из дисциплин в ущерб остальным. Вторая нелинейность заключается в наличии произведения $S_j \Delta A_{ij}$. От нелинейностей можно уйти: дополнив данное выражение дополнительным ограничением, получим

$$\begin{cases} A^*_{ij} = A_{ij} + S_j \Delta A_{ij} \\ A_{ij} + S_j \Delta A_{ij} \le 5 \end{cases}.$$

Таким образом, мы ушли от использования функции минимума. Вторая нелинейность также преодолевается введением системы ограничений. Пусть величина B^*_{ij} определяется выражением $B^*_{ij} = S_j * G_j$, *для любых* i.

Это выражение определяет максимально допустимое количество часов дополнительной подготовки по j-ой дисциплине с учетом в целесообразности дополнительной подготовки. Действительно, для дисциплин, которые будут изучаться во втором семестре B^*_{ij} соответствует полной трудоемкости дисциплины, а для всех остальных дисциплин, принимает значение равное нулю. Тогда систему:

$$\begin{cases} A^*_{ij} = A_{ij} + S_j \Delta A_{ij}; \\ A^*_{ij} \le 5, \end{cases}$$

можно заменить линейной системой, дополнив ограничением

$$\begin{cases} A^*_{ij} = A_{ij} + \dfrac{5B_{ij}}{G_j}; \\ A^*_{ij} \le 5; \\ B_{ij} \le B^*_{ij}, \text{ где } B^*_{ij} = S_{ij} * G_j \text{ для любых } i. \end{cases}$$

Итоговая готовность группы по всем дисциплинам (первого и второго семестра), с учетом дополнительной подготовки будет

$$Y = \sum_{i=1}^{N} \sum_{j}^{M} A*_{ij}.$$

Однако слепая оптимизация функции Y на максимум может привести к тому, что начальная готовность по какой-либо дисциплине достигнет предельного уровня – 5 баллов, а по другим дисциплинам будет крайне низкой. Для преодоления этого введем ограничение на неравномерность готовностей по различным дисциплинам. Введем величину средней готовности, которая определится выражением:

$$Y^* = \frac{\sum_{i=1}^{N} \sum_{j}^{M} A*_{ij}}{N * M}$$

Очевидно, что значение этой величины лежит в пределах от 0 до 5 балов и является средней готовностью по всем дисциплинам. Теперь введем среднюю готовность по j-ой дисциплине:

$$Y^*_j = \frac{\sum_{i=1}^{N} A*_{ij}}{M}.$$

Значение этой величины лежит в пределах от 0 до 5 балов. Тогда отклонение готовности по j-ой дисциплине от средней готовности, выраженное в процентах будет равняться

$$C_j = \frac{Y^*_j}{Y^*} = \frac{M \sum_{i=1}^{N} A*_{ij}}{\sum_{i=1}^{N} \sum_{j}^{M} A*_{ij}}.$$

Неравномерность начальных готовностей по дисциплинам будем регулировать системой ограничений:

$$C_j \ge C_{\min} \text{ для любых } j$$

При $C_{\min} = 100\%$ получим абсолютно равномерную готовность по всем дисциплинам, а например, значение $C_{\min}$, равное 75%, гарантирует, что подготовка ни по одной из дисциплин не будет на 25% ниже, чем средней по всему комплексу дисциплин.

Дополнительным условием выступает ограничение по удорожанию обучения. Удорожание происходит за счет введения часов дополнительной подготовки, при этом суммарное удорожание в процентах определится выражением:

$$B = 100 \cdot \frac{\sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{M} B_{ij}}{\sum_{j=1}^{M} G_j}.$$

Подводя итоги, получим формальную постановку задачи линейного программирования.

Целевая функция:

$$\sum_{i=1}^{N} \sum_{j}^{M} \left(A_{ij} + \frac{5B_{ij}}{G_j} \right) \to \max.$$

Ограничения:

$$100 \cdot \frac{\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{M} B_{ij}}{\sum_{j=1}^{M} G_j} \le B_{\max}\,; \quad \sum_{j=1}^{M}\sum_{k=1}^{M} L_{jk} S_k = 0\,;$$

$$\sum_{j=1}^{M} \left(T_j + Q_j\right) \le R_{\max} \quad ; \quad R_j - T_j + Q_j \le 1;$$

$$\sum_{j=1}^{M} G_j^w S_j \ge H_{\min}^w \text{ для любых } w\,;$$

$$100 \cdot \frac{\sum_{j=1}^{M} G_j^w (1-S_j)}{\sum_{j=1}^{M} G_j^w} \ge H_{\min}^w\,; \quad 100 \cdot \frac{\sum_{j=1}^{M} G_j^w S_j}{\sum_{j=1}^{M} G_j^w} \ge H_{\min}^w\,;$$

$$100 \cdot \frac{\sum_{w=1}^{W}\sum_{j=1}^{M} G_j^w (1-S_j)}{\sum_{w=1}^{W}\sum_{j=1}^{M} G_j^w} \ge H_{\min}\,;$$

$$B_{ij} \le S_j * G_j\,, \text{ для любых } i\,;\ B_{ij} \ge 0\,;$$

$$\frac{M\sum_{i=1}^{N}\left(A_{ij} + \frac{5B_{ij}}{G_j}\right)}{\sum_{i=1}^{N}\sum_{j}^{M}\left(A_{ij} + \frac{5B_{ij}}{G_j}\right)} \le C_{\max}\,;\ S_j, T_j, Q_j - \textit{двоичные}\,.$$

В таблице 1 для примера приведены исходные данные по готовности студентов 4-го курса специальности 2300201 – «Информационные системы и технологии» на ФИСТ СГАСУ.

Ограничение: отклонение по модулю по общему числу в семестрах не более 20 (1-2 часа в неделю), отклонение по модулю по каждой группе дисциплин (легкие и сложные) не более 10 часов. Разрешенное отклонение от ранее существовавшего рабочего графика – не более трех дисциплин.

Таблица 1. Начальная готовность

Дисциплина	Готовность
Моделирование систем	3,89
Надежность	3,87
Интернет-технологии	4,27
Автоматизация техпроцессов	3,99

В результаты модернизации рабочего графика занятий на учебный год получилось, что для достижения максимального результата необходимо дисциплину «Автоматизации техпроцессов» перенести с 7-го на 8-ой семестр в сочетании с дополнительными подготовительными курсами по ней. Это позволило повысить готовность потока по данной дисциплине на 25% или до 4,97 баллов. Время индивидуальной дополнительной подготовки – 6-7 часов на студента. Для сохранения баланса по часам в семестрах дисциплина «Экономика» перенесена с 8-го на 7-ой семестр.

Литература

1. Козлов В.В., Лошкарев Н.В. Новая парадигма образования как непрерывное дистанционное образование // Тезисы 63 РНТК «Актуальные проблемы в строительстве и архитектуре. Образование. Наука. Практика». Самара: Изд. СГАСУ, 2006. – С. 143.
2. Пиявский С.А. Телекоммуникационная среда поддержки инновационной деятельности // Проблемы управления. №1, 2005. – С. 45-50.
3. Козлов В.В. Математическое моделирование при индивидуализации учебного процесса в информационной среде // Материалы МНТК «Проблемы развития одаренной молодежи в информационном обществе». Самара: Изд. СГАСУ, 2006. – С. 222-256.