

УДК 61:658.011.56

А. Н. Шушура, Е. В. Боровцова, О. А. Золотухина

ГВУЗ ДонНТУ Институт информатики и искусственного интеллекта

СИНТЕЗ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УЧЕБНОЙ НАГРУЗКИ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ ВУЗОВ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

В статье освещаются проблемы распределения учебной нагрузки преподавателей ВУЗов. Приведен сравнительный анализ существующих систем. Рассматриваются методы решения автоматизации процесса распределения учебной нагрузки на основе алгоритма Сугэно и генетического алгоритма.

Ключевые слова: учебная нагрузка, учебные планы, кортеж, генетический алгоритм, система поддержки принятия решений.

The article highlights the problem of distribution of academics workload, given the comparative analysis of existing systems. The method for solving automation of distribution of workload is based on the algorithm Sugeno and genetic algorithm.

Keywords: academics workload, curriculum, train, genetic algorithm, a decision support system

Проблема формирования учебной нагрузки преподавателей заключается в необходимости обработки значительного объема информации и учета большого числа различных, в том числе и нечетких факторов, что требует высокого профессионализма и больших временных затрат. Для решения данной задачи был разработан целый ряд информационных систем, среди которых наиболее известными являются система управления учебным процессом университета (ООО «МКР») и программный комплекс «Планы» (ММИС МГУ). Однако, данные системы в основном предназначены для формирования расписания учебных занятий и адаптированы к законодательству Российской Федерации. Кроме того, указанные системы не учитывают неоднозначность и расплывчатость информации о степени соответствия преподавателя читаемым дисциплинам, что говорит об актуальности исследований в данной области.

Целью данной работы является повышение эффективности использования научно-педагогических кадров ВУЗов на основе автоматизации решения задачи распределения учебной нагрузки.

Для достижения поставленной цели необходимо провести анализ предметной области, формализовать задачу распределения учебной нагрузки преподавателей, разработать алгоритмы и программное обеспечение системы.

Анализ предметной области включает выделение объектов, участвующих в задаче, и связи между ними, исследование правил распределения учебной нагрузки.

Основными объектами, участвующими в задаче распределения учебной нагрузки являются учебные планы специальностей и информация о преподавателях. Учебные планы специальностей определяют для каждого потока студентов список изучаемых дисциплин по семестрам. Кроме того, они содержат по каждой дисциплине данные о количестве часов, аудиторной нагрузке, индивидуальной работе студента и форме семестрового контроля.

Главной задачей при распределении учебной нагрузки является установление соответствия между преподавателями и кортежем, в который входит поток студентов, семестр и учебная дисциплина. Для каждого кортежа на основании учебных планов определяются объемы учебной нагрузки всех видов (лекции, практические занятия, индивидуальные задания, формы контроля и т. д.). При этом используются правила, основанные на нормативных документах, регламентирующих нормы распределения учебной нагрузки и содержащих лицензионные требования предоставления образовательных услуг. Ключевым параметром

распределения нагрузки является соответствие квалификации преподавателя учебной дисциплине, которая определяется базовым образованием преподавателя и специализацией его научно-педагогической деятельности. Взаимосвязь между указанными сущностями представлена в виде семантической модели на рисунке 1.

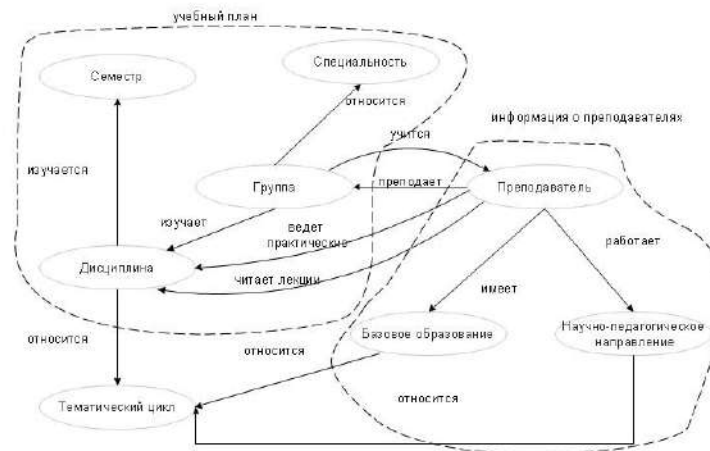


Рисунок 1 – Семантическая модель данных

На основе анализа предметной области выполнена формализация задачи.

Формализация задачи распределения учебной нагрузки включает выделение основных множеств, задание связи между их элементами, формирование критериев и ограничений.

В качестве основных множеств в задаче выделены:

- преподаватели $P = \{p_1, \dots, p_N\}$;
- дисциплины $D = \{d_1, \dots, d_L\}$;
- кортежи учебной нагрузки $U = \{u_1, \dots, u_M\}$;

Решение задачи распределения учебной нагрузки заключается в формировании кортежа $(x_{ij}, y_{ij}^1, y_{ij}^2)$, $i = \overline{1, N}, j = \overline{1, M}$, где

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если преподаватель } p_i \text{ является лектором по кортежу } u_j \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$

$$y_{ij}^1 = \begin{cases} 1, & \text{если преподаватель } p_i \text{ является ассистентом 1 по кортежу } u_j \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$

$$y_{ij}^2 = \begin{cases} 1, & \text{если преподаватель } p_i \text{ является ассистентом 2 по кортежу } u_j \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$

Критерий распределения учебной нагрузки, выражающий интегральный показатель степени соответствия преподавателей дисциплинам имеет вид:

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M f(i, x_{ij}, y_{ij}^1, y_{ij}^2) \rightarrow \max, \quad (1)$$

где $f(i, x_{ij}, y_{ij}^1, y_{ij}^2)$ – нечетко заданная функция, определяющая степень соответствия преподавателя p_i кортежу u_j .

Расчет значений функции $f(i, x_{ij}, y_{ij}^1, y_{ij}^2)$ осуществляется по алгоритму нечеткого вывода Сугэно на основе базы нечетких правил вида:

$$\text{ЕСЛИ } d_K \text{ есть } T_n \text{ и } p_i \text{ есть } SPD_m, \text{ ТО } y = z_{knim},$$

где d_K – дисциплина, соответствующая кортежу u_j ;

T_n – тематический цикл дисциплин;

SPD_m – научно-педагогическое направление преподавателей;

z_{knim} – значение выходной переменной y .

Множества тематических циклов дисциплин T_n и научно-педагогических направлений преподавателей SPD_m образуют множества термов лингвистических переменных α – «тематический цикл» и β – научно-педагогическое направление. Задание функций принадлежности каждого из термов осуществляется экспертом на основании анализа специфики учебных планов специальностей и результатов научной деятельности преподавателей, их подготовки и повышения квалификации.

В качестве ограничений при решении задачи выступают:

1. Ограничение количества преподаваемых преподавателем дисциплин как лектором:

$$g(\bar{x}_i) \leq R, i = \overline{1, N} \quad (2)$$

где R – максимально допустимое число дисциплин, $g(\bar{x}_i)$ – функция, которая рассчитывает число различных дисциплин в кортежах u_j , соответствующих ненулевым компонентам x_{ij}

2. Распределение всех видов учебной нагрузки по каждому кортежу u_j :

$$\sum_{i=1}^N x_{ij} = \delta_j^1, \quad (3)$$

где $\delta_j^1 = \begin{cases} 1, & \text{если в кортеже } u_j \text{ предусмотрена лекционная нагрузка} \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$

$$\sum_{i=1}^N y_{ij}^1 = \delta_j^2, \quad (4)$$

где $\delta_j^2 = \begin{cases} 1, & \text{если в кортеже } u_j \text{ предусмотрена нагрузка ассистента 1} \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$

$$\sum_{i=1}^N y_{ij}^2 = \delta_j^3, \quad (5)$$

где $\delta_j^3 = \begin{cases} 1, & \text{если в кортеже } u_j \text{ предусмотрена нагрузка ассистента 2} \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$,

при этом $y_{ij}^1 \neq y_{ij}^2$, т.е. один преподаватель на одном предмете не может быть дважды записан как ассистент.

3. Ограничение количества лекционных часов у лекторов

$$\sum_{j=1}^M x_{ij} * q_j \leq W, \quad (6)$$

где q_j – количество лекционных часов в кортеже u_j , W – максимально допустимое количество лекционных часов у преподавателя.

4. Выполнение пожеланий преподавателя по размеру ставки

$$\left| \frac{s_{0i} + \mu(\bar{x}_i, \bar{y}_i^1, \bar{y}_i^2)}{v_i} - S_i \right| < \varepsilon, \quad (7)$$

где s_{0i} – количество часов учебной нагрузки по другим видам работы (руководство дипломированием, аспирантами и т. п.); v_i – количество часов учебной нагрузки на одну ставку для преподавателя p_i ; S_i – желаемый размер ставки преподавателя p_i ; ε – допустимое отклонение в размере ставки; $\mu(\bar{x}_i, \bar{y}_i^1, \bar{y}_i^2)$ – функция, рассчитывающая количество часов учебной нагрузки по результатам распределения по преподавателям кортежей u_j .

Величины R , W , S_i , ε – образуют набор параметров задачи O .

Формализованная задача относится к классу нелинейных оптимизационных задач. В связи с отсутствием аналитических методов решения подобных задач, для ее решения целесообразно использовать генетические алгоритмы. Разработка генетического алгоритма включает формализацию фитнес-функции, определение способов генерации начальной популяции, выбор операторов скрещивания и селекции.

Фитнес-функция (FF) генетического алгоритма для решения задачи (1) при ограничениях (2-7) имеет вид:

$$FF = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M f(i, x_{ij}, y_{ij}^1, y_{ij}^2) * (y_{ij}^1 \oplus y_{ij}^2) * A_i * B_i * C_i * D_j \rightarrow \max,$$

где

$$A_i = \begin{cases} 1, & \text{если } g(\bar{x}_i) \leq R \\ \frac{1}{g(\bar{x}_i) - R + 1}, & \text{иначе} \end{cases}$$

$$B_i = \begin{cases} 1 - \frac{W - \sum_{j=1}^M q_j * x_{ij}}{W}, & \text{если } \sum_{j=1}^M x_{ij} * q_j \leq W \\ 0,01, & \text{если } \sum_{j=1}^M x_{ij} * q_j > W \end{cases},$$

$$C_i = \begin{cases} 1, & \text{если } \left| \frac{s_{0i} + \mu(\bar{x}_i, \bar{y}_i^1, \bar{y}_i^2)}{V_i} - S_i \right| < \varepsilon, \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$

$$D_j = \begin{cases} 1, & \text{если } |\sum_{i=1}^N x_{ij} - \delta_j^1| + |\sum_{i=1}^N y_{ij}^1 - \delta_j^2| + |\sum_{i=1}^N y_{ij}^2 - \delta_j^3| = 0 \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$

В качестве генов хромосомы используется кортеж $(x_{ij}, y_{ij}^1, y_{ij}^2)$.

Генерация начальной популяции осуществляется на основе обработки прошлогоднего распределения учебной нагрузки.

Для получения новых потомков используется двухточечный оператор скрещивания. Организация селекции происходит на основе турнирного отбора.

Следующим шагом является генерация новой популяции, для этого необходимо выбрать родителя. В качестве оператора селекции используем турнирный отбор. При турнирной селекции все особи популяции разбиваются на подгруппы с последующим выбором в каждой из них особи с наилучшей приспособленностью.

На каждой очередной итерации рассчитываются значения функции приспособленности для всех хромосом этой популяции, после чего проверяется условие останова алгоритма и либо фиксируется результат в виде хромосомы с наибольшим значением функции приспособленности, либо осуществляется переход к следующему шагу генетического алгоритма.

На основе предложенной формальной постановки разработана автоматизированная система распределения учебной нагрузки преподавателей ВУЗа как системы поддержки принятия решений. Структура системы представлена на рисунке 2.

Как видно на рисунке 2 в состав системы входит пять главных компонентов: база данных или исходные данные, системы распределения учебной нагрузки, которая состоит из подсистемы распределения учебной нагрузки и подсистемы определения соответствия преподавателя читаемой дисциплине. Следующими компонентами являются блок полученного решения, подсистема генерации выходных документов, а так же блок изменения исходных данных.

В базе данных хранится исходная информация об учебных планах, преподавателях, дисциплинах и наборе параметров, необходимых для правильной работы системы. Затем, эти данные передаются в подсистемы распределения учебной нагрузки, обрабатываются с помощью алгоритма Сугэно и генетическим алгоритмом создается подсистема соответствия преподавателя читаемой дисциплине. Затем, полученный результат оценивается лицом, принимающим решение, и, если полученный результат удовлетворяет требованиям, генерируются выходные документы: данные о распределении нагрузки по группам и карточка учебной нагрузки преподавателей. Если результат неудовлетворительный, то ЛПР в блоке изменения исходных данных вручную меняет информацию и заново запускает систему.

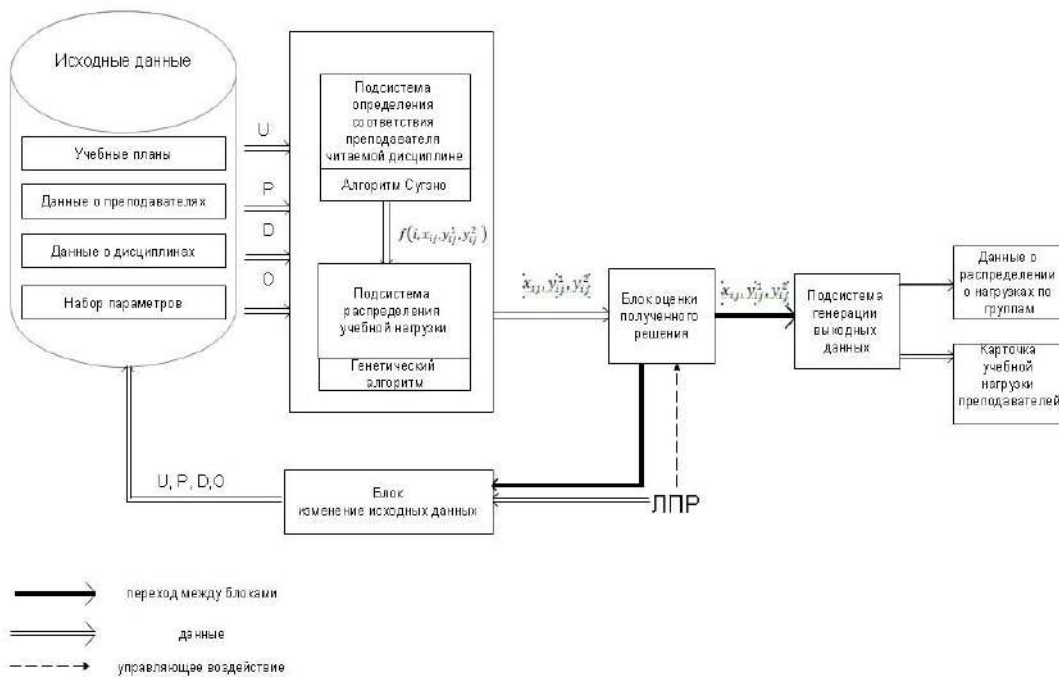


Рисунок 2 – Структура системы поддержки принятия решений

Таким образом, в данной работе предложена новая модель управления формированием учебной нагрузки преподавателя ВУЗа на основе нечеткой логики, что позволяет учесть совокупность расплывчатых характеристик организации учебного процесса. Практическое применение этой системы позволит улучшить использование научно-педагогического потенциала в ВУЗах Украины.

Список литературы:

1. Про вищу освіту/Закон України від 17.01.2002 р. № 2984 – III (зі змінами та доповненнями), 2002 р.
2. Про впровадження кредитно-модульної системи організації начального процесу / Наказ Міністерства освіти України № 774 від 30.12.2005 р.
3. Положення про організацію навчального процесу у ВНЗ МОН України / Наказ Міністерства освіти України № 161 від 02.06.1993 р.
4. Норми часу для планування і обліку навчальної роботи та переліки основних видів методичної, наукової й організаційної роботи педагогічних і науково-педагогічних і науково-педагогічних працівників ВНЗ / наказ Міністерства освіти України № 450 від 07.08.2002 р.
5. Штовба С. Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику / Сергей Дмитриевич Штовба. — Винница: Издательство винницкого государственного технического университета, 2001. – 198 с.
6. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилински, Л. Рутковский; [2-е изд]. — М: Горячая линия-Телеком, 2008 – 452 с.