

УДК 004.378

П.С. Носов, к.т.н.,
В.М. Тонконогий, д.т.н., професор,
О.Е. Яковенко, к.т.н., доцент,
Одеський національний політехнічний університет

МЕТОД НЕЧЕТКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРЕДПОЧТЕНИЙ СУБЪЕКТА ОБУЧЕНИЯ

П.С. Носов, В.М. Тонконогий, О.Е. Яковенко. **Метод нечіткої ідентифікації переваг суб'єкта навчання.** У статті описується метод що дозволяє проводити оцінку переваг для управління балансом інформаційної структури студентського колективу. Метод направлений на нечітку ідентифікацію результатів інтелектуальної діяльності суб'єктів навчання із застосуванням систем і засобів штучного інтелекту.

P.S. Nosov, V.M. Tonkonogy, O.E. Yakovenko. **Method of unclear authentication of subject studies advantages.** In the article a method allowing to conduct the estimation of advantages for a management balance of informative structure of student's collective is described. A method is directed on unclear authentication of intellectual activity results of teaching subjects with the use of the systems and means of artificial intelligence.

Введение. Одной из важных задач современного образования является повышение качества учебного процесса, при этом фронтальные методы обучения не всегда позволяют достичь желаемого уровня знаний, умений и навыков, многие отрасли знания эффективно осваиваются субъектами обучения благодаря индивидуализации обучения.

Развитие технических средств дистанционного обучения позволило значительно расширить набор моделей и методов решения задач управления учебным процессом для каждого студента.

Ключевым этапом в таких задачах является создание адекватной информационной модели субъекта обучения. Задачи управления в основном решаются на основе теории исследования операций: определяется система показателей, конструируются критерии, выбираются весовые коэффициенты, ищется точка оптимума и пр.

Развитие подходов решения оптимизационных задач для управления учебным процессом охватывает также области нелинейного программирования. Несмотря на это, описанные задачи классифицируются как статические, а субъект обучения это живой, развивающийся индивидуум, который функционирует в нашем реальном времени в условиях учебного процесса.

И, следовательно, возникает вопрос - как необходимо оценивать этот объект? Вероятно, необходимо рассматривать его как сложный объект управления. Объект управления, прежде всего не стационарный, объект управления динамический, объект управления, функционирующий в условиях неопределенности. А если снимаемые сигналы измеряются не всегда в количественной шкале, порядковой шкале, а выражают признаки нечетких переменных, развитие которых представляет недетерминированный процесс.

Материал и результаты исследования. Формирование целей субъекта обучения зависит от распределения его предпочтений в образовательном пространстве. В различных дидактических ситуациях (σ_0) появляется возможность наблюдать фазы активности предпочтений субъекта обучения. Такая активность напрямую зависит от индивидуальной функции предпочтения субъекта обучения $\pi(\sigma)$. Комплексная альтернатива $S^{(k)}$ субъекта обучения порядка k в си-

туації (σ_0) предусматривает одновременное распределение интеллектуальных ресурсов субъекта обучения. Увеличение функциональной энтропии субъекта обучения расширяет множество альтернатив $S_c^{(K)}$, которое включает все композиции порядков $m \in 1, \dots, K$, $K \leq N$. Тогда мощность данного множества будет равной (1):

$$\text{Card}S_c^k = \sum_{m=1}^N \frac{N!}{m!(N-m)!}. \quad (1)$$

При этом, если множество доступных альтернатив S_a счетно, то множество композиций при $k \in 1, \dots, N$ имеет мощность континуума (2):

$$\text{Card} = (S_a | \sigma_0) < \text{Card} = (S_c | \sigma_0) \quad (2)$$

Степень полезностей, определяемых выбором альтернатив неаддитивна. Сама функция предпочтения, как правило, имеет нелинейную зависимость от факторов влияния на выбор и опыт субъекта обучения, вследствие чего альтернативы могут не носить количественный характер [1]. Как следствие, для построения информационной модели субъекта обучения необходимо учитывать его основные предпочтения, определяющие индивидуальный интерес к учебному процессу. Согласно теории сложных объектов, такое понятие как интерес субъекта обучения нельзя оценивать, основываясь на значении его отдельного, частного свойства [2], необходимо учитывать группу основных предпочтений и требования к ВУЗу для их обеспечения (табл. 1).

Таблица 1

Соотношения основных предпочтений и требований к ВУЗу

	Основные предпочтения	Требования к ВУЗу
1	Уровень знаний	Преподавательское мастерство
2	Профессиональные умения	Материальная и лабораторная база
3	Профессиональная популярность	Общность студенческого коллектива
4	Профессиональное лидерство	Индивидуализация обучения, проф-диагностика, профориентация, общественная деятельность
5	Востребованность и перспектива профессионального и карьерного роста	Учебная и производственная практика, ярмарка специальностей, возможность трудоустройства

Выделив основную группу предпочтений, опишем процедуру сбора данных. Интеллектуальная деятельность субъектов обучения предполагает многокритериальный сбор данных: анкетирование, оценки преподавателей, оценки соучеников, анализ переходов по ссылкам гипертекстовых документов и др.

Следующим этапом исследования является разработка формального аппарата экспертной системы для сравнения значений полученных данных относительно базы знаний профессиональных компетенций будущего специалиста.

При разработке интеллектуальной экспертной системы предлагается выбрать нечеткую модель. Это связано с тем, что основная часть информации об учебном процессе может быть получена экспертным путем или в виде эвристических описаний процессов. Первоначальная задача по диагностике предпочтений субъекта обучения может быть представлена декомпозицией подзадач по диагностике отдельных уровней междисциплинарных и межобъектных взаимосвязей.

Каждый такой уровень представляется в виде нелинейного объекта с множеством входных переменных $\{x_i\}, i = \overline{1, n}$ и одной выходной переменной $y = f_y(x_1, x_2, \dots, x_n)$. Для установления зависимостей между $\{x_i\}$ и y удобнее использовать качественные термы из следующих терм-множеств, заданных на универсальном множестве $R_i = \{r_i^1, \dots, r_i^{t_i}\}$: терм-множество переменной $\{x_i\}, i = \overline{1, n}$ и $T = \{d_1, \dots, d_m\}$ - терм-множество переменной y .

Для описания нечеткой базы знаний предлагается применить алгоритм Мамдани (3).

$$\bigcup_{p=1}^{k_j} \left[\bigcap_{i=1}^n (x_i = r_i^{jz}) \text{ с весом } \omega_{jz} \right] \rightarrow y = d_j, j = \overline{1, m}, \quad (3)$$

где r_i^{jz} - нечеткий терм, которым оценивается значение входа x_i ,

t_j - нечеткий терм, описывающий выход y ,

m - количество термов, используемых для лингвистической оценки выходных данных,

$\omega_{jz} \in [0, 1]$ - весовой коэффициент правил с номером jz .

Данная нечеткая модель предполагает дальнейшую оптимизацию с применением обучающей выборки в конкретных педагогических ситуациях, настройка модели может осуществляться как по структуре, так и по параметрам, в зависимости от стратегии применения нечетких систем и эволюции информационной модели субъекта обучения. Такая эволюция, в рамках учебного процесса, предполагает изменение устоявшихся взаимосвязей предпочтений в силу внешних и внутренних факторов. Важным этапом анализа интеллектуальной деятельности будущих специалистов – это выявление тенденций изменения предпочтений в обучающем пространстве. Сигналом изменения таких предпочтений является повторяющиеся симптомы – несрабатывание устоявшихся правил. Фиксация сигналов изменения предпочтений позволяет классифицировать деятельность субъекта обучения, определять его принадлежность к конкретной, целеориентированной группе. При этом множество альтернатив в рамках обучающего пространства конечно, так как множество доступных альтернатив S_a счетно в рамках той или иной предметной области.

Представим задачу нахождения альтернатив субъектов обучения в терминах математического аппарата Парето оптимальных альтернатив нечеткого отношения предпочтения.

Пусть на универсальном множестве альтернатив \tilde{O} заданы отношения предпочтения R_1, R_2, \dots, R_m с функциями принадлежности $\mu_j(\zeta_i, \zeta_j)$, а также $\omega_j, j = \overline{1, m}$ - весовые коэффициенты соответствующих отношений.

Построим свертку отношений R_1, R_2, \dots, R_m в виде пересечения $Q_1 = \bigcap_{j=1}^m R_j$, с функцией принадлежности (4):

$$\mu_{Q_1}(\zeta_i, \zeta_j) = \min \{ \mu_1(\zeta_i, \zeta_j), \mu_2(\zeta_i, \zeta_j), \dots, \mu_m(\zeta_i, \zeta_j) \}. \quad (4)$$

Определим множество недоминируемых альтернатив Q_1^{ia} на множестве (Σ, Q_1) (5).

$$\mu_{Q_2}^{ia}(\zeta_i) = 1 - \sup_{\zeta_j \in \Sigma} \left\{ \sum_{j=1}^m \mu_{Q_1}(\zeta_i, \zeta_j) - \mu_{Q_1}(\zeta_j, \zeta_i) \right\}. \quad (5)$$

Используя свертку критериев в виде суммы, строим нечеткое отношение предпочтения Q_2 (6):

$$\mu_{Q_2}(\zeta_i, \zeta_j) = \sum_{j=1}^m \omega_j \mu_j(\zeta_i, \zeta_j), \sum_{j=1}^m \omega_j = 1, \omega_j \geq 0. \quad (6)$$

Находим нечеткое подмножество недоминируемых альтернатив по отношению Q_2 (7):

$$\mu_{Q_2}^{ia}(\zeta_i) = 1 - \sup_{\zeta_j \in \Sigma} \left\{ \sum_{j=1}^m \mu_{Q_2}(\zeta_j, \zeta_i) - \mu_{Q_2}(\zeta_i, \zeta_j) \right\}. \quad (7)$$

Находим пересечение множеств Q_1^{ia} , Q_2^{ia} и общее множество недоминируемых альтернатив $Q_{ia} = Q_1^{ia} \cap Q_2^{ia}$ с функцией предпочтения $\mu_{ia}(\zeta_i) = \min \{ \mu_{Q_1}^{ia}(\zeta_i), \mu_{Q_2}^{ia}(\zeta_i) \}$.

Рациональным считаем выбор альтернатив из множества (8).

$$\Sigma_{ia} = \left\{ \zeta_i^+ : \mu_{ia}(\zeta_i^+) = \sup_x \mu_{ia}(\zeta_i), \zeta_i \in \Sigma \right\}. \quad (8)$$

Полученные матрицы ранжируются, тогда в итоге получаем матрицу значений, в которой строки будут соответствовать категориям оценивания, а столбцы - временным диапазонам. Далее эти матрицы совмещаются. Порядок категориальных строк не имеет значения. В конечном виде матрица представляется в виде X_{ij}^k , значения которой являются исходными данными для составления информационной модели субъекта обучения. Где i - изменяется по строкам от 1 до n , и j - по столбцам от 1 до m , K - количество целей, т. е. количество исходных матриц. Следующим этапом является составление системной модели на основании анализа характеристик предпочтения.

Таким образом, появляется возможность определить математическое ожидание управляющих тенденций изменения предпочтений. Рассмотрим базисные параметры, которые находятся в основании категорий интереса субъекта обучения.

Каждое из основных предпочтений можно интерпретировать как многомерную характеристику, отражающую результаты процесса обучения на основе целей субъекта обучения.

Многомерная характеристика определяется по следующей формуле (9) [3]:

$$\rho_{\acute{o}c}^i = \frac{\sum_j \sum_l \rho_{j,j+l}}{m(m-1)}, \tag{9}$$

где $\rho_{j,j+l}$ - коэффициент корреляции между соответствующими значениями ячеек, l изменяется от j до m . Коэффициент находится по формуле (10-13):

$$\rho_{j,j+l}^k = \frac{\overline{x_j^k x_{j+l}^k} - \overline{x_j^k} \cdot \overline{x_{j+l}^k}}{S_{x_j}^k \cdot S_{x_{j+l}}^k}, \tag{10}$$

$$\overline{x_j^k} = \frac{1}{K} \cdot \sum_{k=1}^K x_j^k \text{ и } \overline{x_{j+l}^k} = \frac{1}{K} \cdot \sum_{k=1}^K x_{j+l}^k; \tag{11}$$

$$\overline{x_j^k x_{j+l}^k} = \frac{1}{K} \cdot \sum_{k=1}^K x_j^k \cdot x_{j+l}^k; \tag{12}$$

$$S_{x_j}^2 = \frac{1}{k-1} \cdot \sum_{k=1}^K (x_j^k - \overline{x_j^k})^2 \text{ и } S_{x_{j+l}}^2 = \frac{1}{k-1} \cdot \sum_{k=1}^K (x_{j+l}^k - \overline{x_{j+l}^k})^2, \tag{13}$$

где $S_{x_j}^2$ и $S_{x_{j+l}}^2$ – несмещённые дисперсии значений оценок по каждому предпочтению.

Обработка результатов выполняется следующим образом.

По каждой категории предпочтений и для каждого временного отрезка по очереди производится определение математического ожидания уровня интереса исходя из стохастического предположения о природе данного процесса (табл. 2), (рис. 1).

Таблица 2

Математическое ожидание уровня интереса

Основные предпочтения	1	2	3	4	5	6	7
1. УЗ	0,59	0,47	0,4	0,48	0,65	0,69	0,75
2. ПУ	0,47	0,32	0,67	0,39	0,79	0,3	0,39
3. ПП	0,4	0,63	0,21	0,83	0,58	0,55	0,5
4. ПЛ	0,3	0,42	0,78	0,54	0,29	0,47	0,83
5. ВПКР	0,2	0,76	0,29	0,36	0,23	0,75	0,41
Сумма	1,97	2,62	2,37	2,62	2,55	2,77	2,9

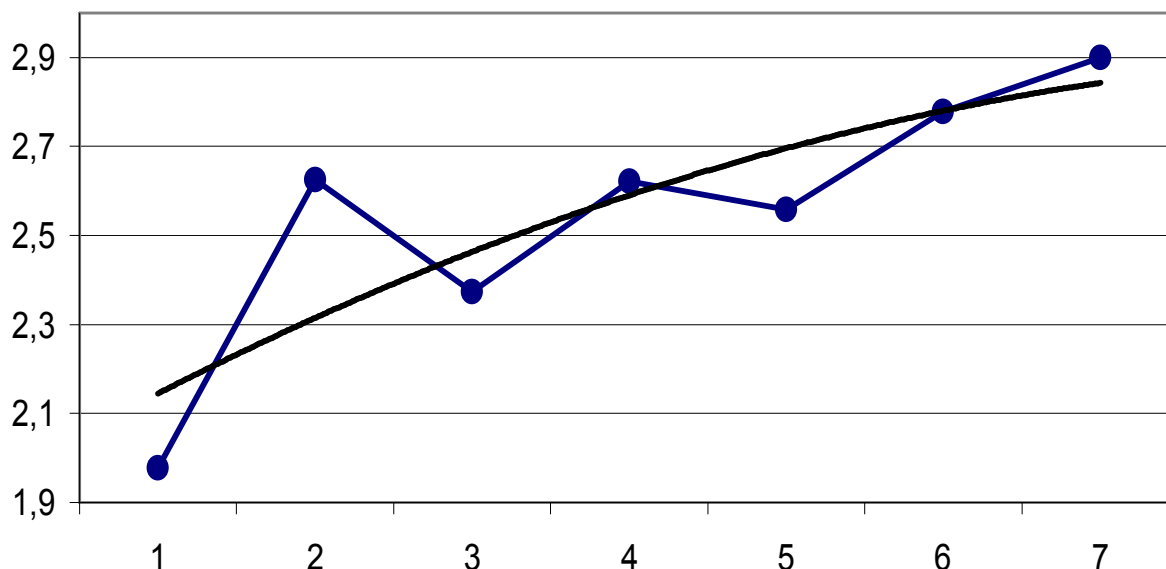


Рис. 1. Рост уровня предпочтений за временной цикл

При этом порядок распределения экспертной оценки считаем нормальным распределением на основании достаточного количества целей экспертной системы. Математическое ожидание определяется как среднее значение для соответствующей ячейки по каждой матрице количеством K . Так как данное оценивание относится к субъективным и эвристическим, то необходимо исследовать дисперсию экспертных оценок (табл. 3).

Дисперсионный анализ показывает, что максимальное значение дисперсии не превышает 6%, что является вполне допустимым для социологических исследований при нахождении уровня предпочтений субъектов обучения.

Далее определяются коэффициенты корреляции $\rho_{j,j+1}$ последовательным перебором каждой пары взаимодействия между семестровыми циклами в данной категории характеристики с исключением повторений.

Таблица 3

Дисперсии оценок экспертной системы

Основные предпочтения	1	2	3	4	5	6	7
1. УЗ	0,013	0,01	0,009	0,032	0,027	0,017	0,016
2. ПУ	0,009	0,007	0,013	0,059	0,009	0,026	0,011
3. ПП	0,023	0,042	0,010	0,009	0,023	0,021	0,017
4. ПЛ	0,01	0,026	0,013	0,008	0,015	0,063	0,032
5. ВПКР	0,021	0,033	0,009	0,038	0,013	0,019	0,033

Аналогічним образом определяются значения коэффициентов уровня знаний для всех других характеристик последовательно. Результатом является одномерная матрица, значения которой упорядочиваются в порядке убывания и график зависимости коэффициентов корреляции от номера характеристики мотивации субъектов обучения (рис. 2).

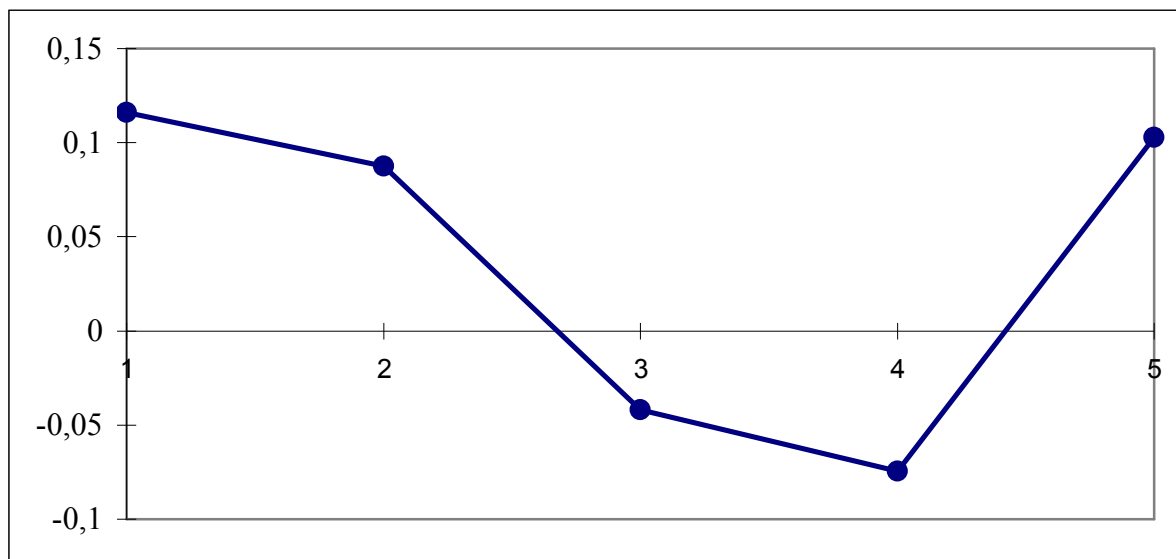


Рис. 2. Баланс предпочтений субъекта обучения в пределах от -1 до 1.

Рассмотренная модель определения баланса имеет две подструктуры: «учебную», основанную на характеристиках личности, которые непосредственно связаны с учебной деятельностью (например, умения, навыки, действия, ориентированные на предметную область специальности).

Также «психологическую», основанную на когнитивных характеристиках, лишь косвенным образом связанных с профессиональной деятельностью коллектива и скорее относящиеся к социальному и коммуникативному опыту (умения, навыки, действия организационно-производственные, коммуникативные, социально-действенные).

Описанная модель в какой-то мере основывается на указанных позициях в учебном процессе.

Оценивание, проведенное в Херсонском политехническом колледже Одесского национального политехнического университета с помощью экспертной системы имеет несмещённый стохастический характер, что более адекватно передаёт реальную обстановку в студенческом коллективе.

Результаты эксперимента показывают достаточный уровень интереса (рис. 1) и отсутствие критического дисбаланса (рис. 2), что сказывается на результатах комплексного оценивания качества обучения в целом.

Данный метод нечеткой идентификации предпочтений субъекта обучения в ВУЗах является действенным, поэтому дальнейшее развитие и дополнения не нарушат рассмотренные базовые принципы его функционирования.

В частности использование теоретического принципа психологической согласованности (баланса) который объясняет определённые структурные конфи-

гурации метода, и прогнозирует их с точностью до случайных флуктуаций и неточностей измерений.

При этом, если учесть, что допущения верны, то структура студенческого коллектива должна иметь определённую конфигурацию, ограничивающую возможность и допустимость определенных бинарных взаимосвязей.

Не смотря на это, данный принцип не является динамическим по своей природе, и утверждается лишь то, что устойчивая структура целеориентированной группы более вероятна, чем неустойчивая, что и показали результаты эксперимента.

Вывод. Таким образом, предложенный метод позволяет проводить не только оценку уровня предпочтений, но и управлять балансом структуры студенческого коллектива.

Дальнейшие исследования будут также направлены на развитие моделей и методов, направленных на сбор информации и анализ интеллектуальной деятельности субъектов обучения с применением систем и средств искусственного интеллекта.

Литература

1. Касьянов, В.А. Субъективный анализ [Текст] / В.А. Касьянов; – К.: НАУ, 2007. – 512 с.
2. Крисиллов, В.А. Оценка сложных объектов – основной механизм при решении задач количественного обоснования решений [Текст] / В.А. Крисиллов // Тр. Одес. политехн. ун-та. – Одесса, 2003. – Вып.1 (19) – С. 102–106.
3. Тоценко, В.Г. Методы и системы поддержки принятия решений: алгоритмический аспект [Текст] / В.Г. Тоценко; – К.: Наукова думка, 2002. – 381 с.