УДК 378.371

Ірина Вереітіна,
старший викладач кафедри іноземних мов,
Одеська державна академія холоду

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СКЛАДОВИХ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ НА ФОРМУВАННЯ РОБОЧОГО ПЛАНУ З УРАХУВАННЯМ МОЖЛИВОСТЕЙ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Результати роботи спрямовані на побудову та чисельні дослідження отриманої гіпотетичної математичної моделі навчального процесу, складеної за критерієм оптимальності – об'ємом знань, який відповідає якісній освіті. Доведено доцільність застосування у навчальному процесі віртуальних технологій навчання для підвищення якості освіти, зорієнтованої на професійну діяльність майбутнього фахівця.

Ключові слова: математична модель, навчальний процес, об'єм знань – параметри оптимізації, рівень значущості.

Результаты работы направлены на построение и многочисленные исследования полученной гиппотетической математической модели учебного процесса, созданной по критерию оптимальності – объему знаний, отвечающему качественному образованию. Доказано целесообразность использования в учебном процессе вертуальных технологий обучения для повышения качества образования, сориентированного на профессиональную деятельность будущего специалиста.

Ключевые слова: математическая модель, учебный процесс, объем знаний – параметры оптимизации, урівень значимости.

The results of the work are directed on the construction and numerical researches of the obtained hypothetical mathematical model of educational process, composed on the optimum criterion – the volume of knowledge, which corresponds to high-quality education. The sensible use of virtual teaching technologies in the educational process for upgrading the quality of education orientated towards the future specialist professional activity is demonstrated.

Key words: mathematical model – educational process – volume of knowledge – optimization parameters – level of meaningfulness – response surface.

Аналіз трансформацій складових навчального процесу щодо його адаптації можливостям сучасного рівня розвитку технічних засобів навчання, оснащених можливостями комп'ютерно-інтегрованих технологій, збагачених розробками методичного забезпечення і спрямованих на досягнення головної мети – здобуття освіти вищої кваліфікації показує, що започатковані стосовно до нього методи математичного моделювання надають можливість не тільки обрати оптимальні методи формування, виконання його робочого плану, але і роблять його керованим.

У роботі [1] наведено, що знання можна розглядати як деякий об’єм професійних навичок *V*, обмежений окремими видами діяльності щодо їхнього досягнення, та такими, що утворюють гіпотетичну поверхню *S*. Задачу знаходження умовного екстремуму – мінімуму поверхні відгуку окремих видів діяльності щодо отримання визначеного збільшення об’єму професійних навичок вирішено на прикладі функції чотирьох непов’язаних між собою лінійних впливових складових видів діяльності – письма (П), читання (Ч), аудіювання (А) та говоріння (Г) із застосуванням невизначених множників Лагранжа. Залежності, отримані шляхом побудови теоретичної математичної моделі навчального процесу, дозволили встановити мінімальне значення площі поверхні відгуку максимального об’єму професійних знань щодо чотирьох складових видів діяльності у вигляді виразу $S_{\min} = 4\sqrt[4]{V_{\max}}$, при умові однакового рівня їхнього впливу на навчальний процес та відносного значення максимуму отриманих знань *V*max=1. Відповідно наведено, якщо складових видів діяльності три – $S'_{\min} = 3\sqrt[3]{V_{\max}}$, то їй відповідає *V*max=0,3164; два – $S''_{\min} = 2\sqrt[2]{V_{\max}}$ якій відповідає *V*max=0,0625; один $S'''_{\min} = V_{\max}$ – при $V_{\max} = 0,0039$. Показано, що між започаткованим критерієм оптимальності – об’ємом знань та поверхнею впливових параметрів – частковими критеріями оптимальності навчального процесу існує нелінійна залежність, яка повинна бути врахованою при визначенні якості освіти, а саме під час проведення атестації учнів та розробки навчального плану з дисципліни. Отримана залежність $S = f(V)$ сприяє адекватному оцінюванню знань, умінь учнів, рівня їхніх досягнень та унеможливлює суттєвий вплив суб’єктивної оцінки викладача при оцінюванні. Доведено, що скорочення окремих видів діяльності з опанування дисципліни на 25% призводить до скорочення професійного об’єму знань майже на 68%. Для усунення такого роду впливу необхідні засоби інтенсифікації навчального процесу і, у тому числі, шляхом впровадження комп’ютерно-інтегрованих технологій на підставі розробки новітніх навчальних посібників, оснащених електронними інтерактивними версіями, спрямованими на посилення ефективності аудиторної та самостійної роботи.

У практиці наукових досліджень визначено, що системою операцій, дій та спостережень, спрямованих на отримання інформації про об’єкт при його випробуваннях, які можуть здійснюватися у природних або штучних умовах при зміні характеру течії процесу є експеримент. Він може бути фізичним, чисельним, психологічним або модельним, здійснюватися на об'єкті дослідження або його моделі і складається з дослідів. Планування експерименту надає можливість покращити його ефективність і передбачити вибір числа і умов проведення дослідів, необхідних та достатніх для рішення поставленої задачі з необхідною точністю. При цьому суттєвою вимогою до нього виступає спрямованість до мінімізації загальної кількості дослідів при одночасному варіюванні усіма змінними які визначають процес дослідження та за спеціальними правилами – алгоритмами.

Як правило, за результатами експерименту виявляються умови щодо подальшого покращення об'єкту дослідження шляхом його оптимізації. Оскільки започатковані у роботі [1] засади щодо встановлення залежності $S = f(V)$ є такими, які дозволили апріорно встановити їхні оптимальні співвідношення, то побудову математичної моделі навчального процесу будемо здійснювати варіюванням параметрів оптимізації у межах їхніх оптимальних значень.

При визначені зв'язку $\hat{V} = \varphi(\overline{S})$, який має назву математичної моделі об'єкту або функції відгуку, для якого вектор параметрів $\overline{S}\{П, Ч, А, Г\}$ належить існуючій області факторів і кожен з них приймає сукупність дискретних значень або ряд рівнів, оптимальним слід визнати експеримент, у якому фактори варіюються лише на двох рівнях і їм відповідає загальна кількість дослідів $N=\ell k=24=16$.

Найбільш приємною математичною моделлю при обробці результатів планування експерименту слід вважати модель аналітичного вигляду – поліном. Якщо математичну модель об'єкту дослідження – функцію відгуку надано у вигляді виразу $\hat{V} = \varphi(\overline{S})$, то її геометричним аналогом є гіпер- поверхня відгуку $\overline{S}$, для чотирьох факторів *П, А, Ч, Г* і при умові, що під час дослідження вони приймають лише два значення – максимальне та мінімальне. Геометричний аналог функції відгуку дозволяє визначити умови постановки чисельного експерименту, які б сприяли швидкому знаходженню функції цілі при мінімумі витрат на його проведення. Метод проб та похибок, один з найбільш розповсюджених, але він носить випадковий характер. Більш вірний спосіб – це будувати математичну модель таким чином, щоб за її допомогою передбачати значення відгуків у тих випадках, які не досліджувалися експериментально. Така стратегія призводить до крокового принципу, який покладено в основу планування експерименту. Але за відмову від повного перебору факторів виникає потреба сплачувати припущенням відносно властивостей невідомої нам моделі до початку експерименту, а саме:

- Поверхня функції відгуку безперервна та гладка;
- Поверхня функції відгуку має лише один екстремум.

Ці допущення дозволяють записати функцію цілі у вигляді ступеневого ряду поблизу будь-якої точки факторного простору, а саме – неповним квадратичним поліномом виду

$$V = a_o + a_1 П + a_2 Ч + a_3 А + a_4 Г + a_5 ПЧ + a_6 ПА + a_7 ПГ + a_8 ЧА +$$

$$a_9 ЧГ + a_{10} АГ + + a_{11} ПЧА + a_{12} ПЧГ + a_{13} ПАГ + a_{14} ЧАГ + a_{15} ПЧАГ.$$

Як видно з рівняння, експеримент потрібен для визначення коефіцієнтів регресії *ai* поліному. Але до початку планування чисельного експерименту необхідно вирішити три питання:

1. Як обрати локальну область факторного простору?
2. Де обрати область факторного простору?
3. Якими повинні бути розміри області факторного простору?

При виборі області факторного простору необхідно враховувати такі міркування щодо обмеження параметрів – факторів:

- принципові обмеження, або такі які неможливо порушити;
- обмеження природничого походження;
- обмеження, обумовлені умовами проведення дослідів.

Наприклад, при дослідженні навчального процесу, а саме – об'єму знань за означеними його складовими, останні не можуть перевищувати межових умов під час навчального процесу, тобто для письма $0 \le Ï \le 100\%$.

Вибір області факторного простору або вибір основного рівня, наприклад $\tilde{Ï}_0$, покладається на апріорну інформацію про найкращі його значення. Якщо інформації немає, то обирають будь-яке розумне значення фактору відповідно до перелічених нижче обмежень.

Розмір області факторного простору або вибір інтервалу його варіювання – *Jв* необхідно пов'язувати з вибором двох рівнів фактора на яких його буде встановлено під час експерименту. Наприклад, якщо основний рівень для фактора «письмо» обрати $\tilde{Ï}_0 = 50\%$, то інтервал варіювання може знаходитися у межах $0 \le Jв \le 50\%$. Доцільне його значення *Jв=50%.* На рис.1 наведено розмір області факторного простору кожного з параметрів *П, Ч, А, Г*.

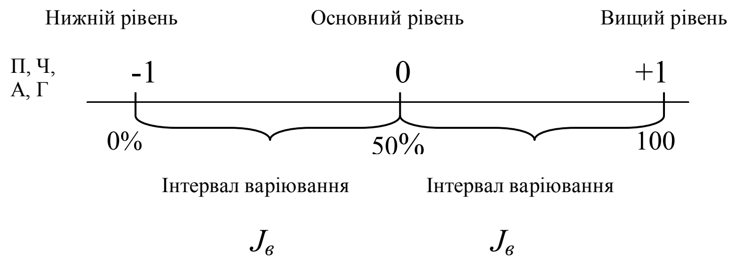

Рис.1. Область факторного простору параметрів

Тобто, інтервал варіювання – це деяке число (власне для кожного фактора), додавання якого до основного рівня дає верхній рівень фактора, а віднімання – нижній рівень. Для спрощення запису рівнів факторів застосовують їхні кодовані позначення, а саме: *-1, 0,+1*. Якщо область визначення фактора неперервна, можна записати $П = \frac{\tilde{П} - \tilde{П}_0}{J_в}$, де *П* – кодоване значення фактора, $\tilde{П}$ - природне значення фактору, $\tilde{П}_0$ - природне значення основного рівня фактора, *Jв* – інтервал варіювання фактора. Для нашого прикладу $П^- = \frac{0-50}{50} = -1,\quad П^+ = \frac{100-50}{50} = +1.$ При варіюванні чотирьох факторів на двох рівнях +1 та -1, можливі шістнадцять їхніх комбінацій.

Планування експерименту, при якому розглядаються усі можливі комбінації факторів на їхніх обраних рівнях, має назву повного факторного експерименту.

Для наведеної вище чисельної залежності об’єму знань в функції гіпер- поверхні відгуку, матриця чотирьох факторного експерименту має вигляд

№ досліду	x0	Планування				Сумісні оцінки факторів											Критерій
		П	*Ч*	*А*	*Г*	*ПЧ*	*ПА*	*ПГ*	*ЧА*	*ЧГ*	*АГ*	*ПЧА*	*ПЧГ*	*ПАГ*	*ЧАГ*	*ПЧАГ*	*V, в.о.*
1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1,0
2	+	-	+	+	+	-	-	-	+	+	+	-	-	-	+	-	0,3164
3	+	+	-	+	+	-	+	+	-	-	+	-	-	+	-	-	0,3164
4	+	-	-	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	-	-	+	0,0625
5	+	+	+	-	+	+	-	+	-	+	-	-	+	-	-	-	0,3164
6	+	-	+	-	+	-	+	-	-	+	-	+	-	+	-	+	0,0625
7	+	+	-	-	+	-	-	+	+	-	-	+	-	-	+	+	0,0625
8	+	-	-	-	+	+	+	-	+	-	-	-	+	+	+	-	0,0039
9	+	+	+	+	-	+	+	-	+	-	-	+	-	-	-	-	0,3164
10	+	-	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-	+	+	-	+	0,0625
11	+	+	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	+	-	+	+	0,0625
12	+	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	+	-	0,0039
13	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	+	+	+	0,0625
14	+	-	+	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+	-	+	-	0,0039
15	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	0,0039
16	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	0
Рівні значущості	*a0=0,166*	*a1=0,1016*	*a2=0,1016*	*a3=0,1016*	*a4=0,1016*	*a5=0,0547*	*a6=0,0547*	*a7=0,0547*	*a8=0,0547*	*a9=0,0547*	*a10=0,0547*	*a11=0,0234*	*a12=0,0234*	*a13=0,0234*	*a14=0,0234*	*a15=0,00586*	

Чисельна реалізація дослідів на усіх рівнях факторів дозволить отримати параметр оптимізації *V*, яким є об’єм знань у відносних одиницях та оцінки рівнів значущості, що розраховуються як середні алгебраїчні значення за результатами вибірки

$$a_i = \frac{\sum_{i=1}^{16} x_{ji} V_i}{16},$$

де *j = 0,П,...ПЧ,...ПЧА,...ПЧАГ* – номер фактору, *i* – номер досліду.

Здобуті оцінки рівнів значущості складових неповного квадратичного поліному наведені у таблиці, а сама математична модель отримує вигляд:

$$\begin{aligned} \overline{V} &= 0{,}166 + 0{,}1016\ddot{I} + 0{,}1016\times + 0{,}1016\grave{A} + 0{,}1016\tilde{A} + \\ &+ 0{,}0547\ddot{I}\times + 0{,}0547\ddot{I}\grave{A} + 0{,}0547\ddot{I}\tilde{A} + 0{,}0547\times\grave{A} + 0{,}0547\times\tilde{A} + 0{,}0547\grave{A}\tilde{A} + \\ &+ 0{,}0234\ddot{I}\times\grave{A} + 0{,}0234\ddot{I}\times\tilde{A} + 0{,}0234\ddot{I}\grave{A}\tilde{A} + 0{,}0234\times\grave{A}\tilde{A} + 0{,}00586\ddot{I}\times\grave{A}\tilde{A}\ . \end{aligned}$$

Виходячи з допущення про адекватність прийнятої математичної моделі дійсному стану відображення навчального процесу, необхідно бути впевненим, що вона дійсна і для середніх арифметичних значень змінних, тобто їхніх основних рівнів значущості, які не досліджувалися під час проведення чисельного експерименту. Тобто, якщо $\ddot{I} = \ddot{I}^{\,0} = 0, \times = \times^{0} = 0, \grave{A} = \grave{A}^{0} = 0, \tilde{A} = \tilde{A}^{0} = 0,$ рівняння неповного квадратичного поліному спроститься до виду $\overline{V} = a_0$, звідки його вільний член становить

$$a_0 = \frac{\sum_{i=1}^{16} V}{16} = 0{,}166,$$

якому відповідає додатковий вектор стовпець у таблиці ПФЕ 24 – *x0*, значення якого завжди (+1).

Оскільки математичну модель започатковано у вигляді неповного квадратичного поліному, то рівні значущості $a_5....a_{15}$, так звані сумісні оцінки факторів, розраховуємо згідно виразу

$$a_{5\ldots15} = \frac{\sum_{i=1}^{16} \ddot{I} \cdot \times \cdots V_i}{16}.$$

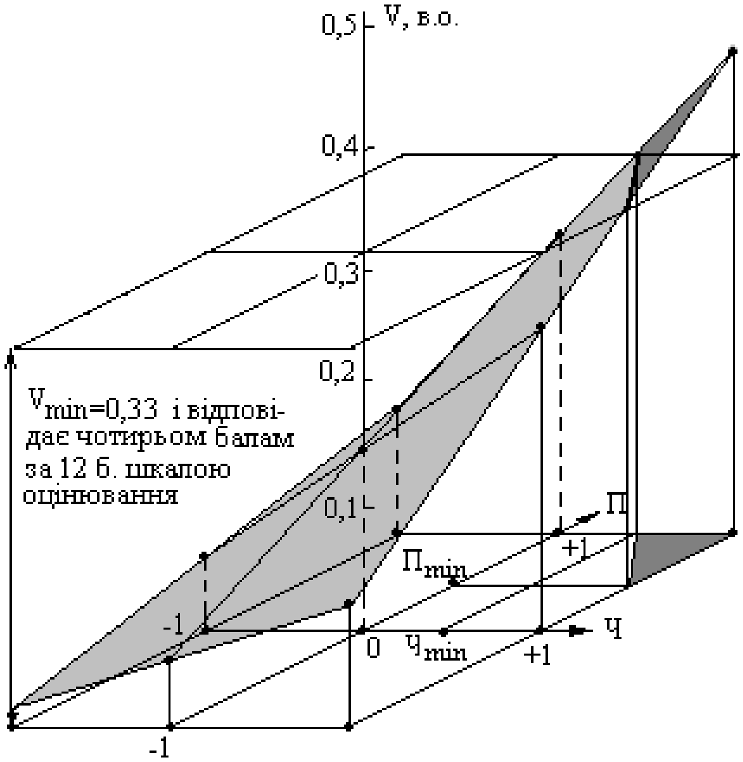

Рис.2. Поверхня об'єму професійних знань в залежності від двох параметрів оптимізації

Як правило, завершальним етапом складання математичної моделі є підтвердження її адекватності. Однак, враховуючи, що об'єктом дослідження обрано математичну модель залежності $\hat{V} = \varphi(\overline{S})$, яку отримано шляхом математичного моделювання [1], то немає сенсу піддавати сумніву як її адекватність, так і адекватність трансформованої початкової математичної моделі у іншу модель – неповний квадратичний поліном.

Після запису рівняння доцільно здійснити його факторний аналіз варіюванням параметрів оптимізації у напрямку пошуку бажаного значення критерію оптимальності. На рис.2 наведено графічну ілюстрацію залежності критерію – об'єму професійних знань в залежності від двох параметрів оптимізації, а саме: письма та читання. Два останні параметри – аудіювання та говоріння під час аналізу приймають значення, які відповідають їхнім нульовим рівням, тобто *А0, Г0.* Математична модель, що відповідає означеним умовам спрощується до вигляду

$$\overline{V} = 0{,}166 + 0{,}1016\text{Ï} + 0{,}1016\times + 0{,}0547\text{Ï}\times \ .$$

Аналіз поверхні критерію – об'єму професійних знань у залежності від двох параметрів оптимізації, а саме письма та читання показує, що при рівні критерію оптимальності, якому відповідає рівень атестації – чотири бали за дванадцятибальною шкалою оцінювання, тобто $V_{\min} = 0{,}33$, керовані параметри оптимізації навчального процесу повинні бути не нижче

$Ï^{+0,5}_{\min}, \times^{+0,5}_{\min}$ у кодованих значеннях, або складати *П=18,75%, Ч=18,75%* від загального часу навчального процесу при однакових рівнях значущості усіх параметрів оптимізації у 25% для об'єму знань $V_{\max} = 1{,}0$.

З наведеного вище аналізу витікає, що скорочення видів діяльності навчального процесу на 13%, за будь-яких на те умов, призводить до суттєвих втрат якості наданої освіти, знижуючи їхнє оцінювання до рівня початкової позитивної оцінки за дванадцятибальною шкалою – тобто чотири бали. Поліпшення стану у таких випадках можливо здійснити шляхом підвищення самостійної підготовки учнів при обов'язковому удосконаленні методичних розробок з дисципліни або впровадженням віртуального навчального процесу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Вереітіна І. А. Оптимізація навчального процесу засобами математичного моделювання // Інформаційні технології в освіті: Збірник наукових праць. Випуск 3. – Херсон: Видавництво ХДУ, 2009. – 312 с.