

УДК 519.237

Ісікова Н. П., Решетняк Т. В., Овсянников Р. Р.

## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ФОРМУВАННЯ БАГАТОПАРАМЕТРИЧНОЇ ОЦІНКИ УЧНЯ

Освітня система як система отримання знань є складною по внутрішнім зв'язкам і великий за кількістю елементів. Для вивчення поведінки і способів управління такою складною системою використовують спрощене уявлення – модель освітньої системи. Модель системи дозволяє виділити окремі підсистеми, що володіють функціями управління або можуть бути використані управління в складній системі.

Метою даної роботи є розгляд інтегрального підходу до моделювання освітньої системи або її частин.

В умовах, коли на досліджуваній процес або систему впливають кілька критеріїв або факторів, то задача моделювання ускладнюється і стає багатокритеріальною. Одні з найпростіших методів вирішення таких багатокритеріальних задач - різні методи згортки критеріїв в один узагальнений (інтегральний, комплексний) критерій.

У разі багатокритеріальних задач систему або процес оцінюють з точки зору декількох критеріїв (факторів, параметрів), позначимо оцінку цих критеріїв  $p_i$ ,  $i = 1, \dots, n$ ,  $n$  – кількість критеріїв. Різні критерії можуть по-різному впливати на процес, тому необхідно ввести поняття ваги критерію  $w_i$  – ступеня впливу  $i$ -го критерію на систему. При моделюванні соціально-економічних процесів і систем для знаходження інтегрального критерію  $P$  використовують такі види згортки:

1) адитивна згортка передбачає перебування інтегрального критерію  $P$  як зваженої суми оцінок всіх критеріїв:

$$P = \sum_{i=1}^n w_i p_i ; \quad (1)$$

2) мультиплікативна згортка передбачає перебування інтегрального критерію  $P$  як зваженого твору оцінок всіх критеріїв;

$$P = \prod_{i=1}^n p_i^{w_i} ; \quad (2)$$

3) мультиплікативно-адитивна згортка передбачає перебування інтегрального критерію  $P$  як комбінацію мультиплікативної і адитивної згортки оцінок всіх критеріїв [1].

Середньозважені оцінки мають місце за умови, що критерії не взаємопов'язані. Узагальненням середньозваженої оцінки за умови, що між критеріями є взаємозв'язок, є нечіткий інтеграл Шоці [2]. Основна проблема в даному випадку – обчислення заходів взаємодії критеріїв.

Однією з варіацій інтегральної моделі, використовуваної в освіті, є модель багатопараметричної оцінки досягнень учня.

Багатопараметрична оцінка учня є психологічною характеристикою учня, що формується за запитом вчителя, психолога, учня або батьків. Містить отриману в результаті перевірки, оброблену певним чином і зведену в єдине ціле психолого-педагогічну інформацію про результати освіти школяра [3].

Метод багатопараметричної оцінки, дозволяє отримати комплексну оцінку знань, умінь, навичок учня, а також описує його особистісні характеристики і творчий розвиток. Відстеження динаміки багатопараметричної оцінки дозволить відстежити розвиток кожного учня протягом усього навчального процесу.

Проведемо огляд деяких джерел з розробки інтегральних моделей освітніх систем або їх частин.

Гевліч І. К. провів аналіз освітнього рівня учня, критеріями виступили:

- предметні компетентність;
- інтелектуальна компетентність;
- інформаційна компетентність;
- соціальна компетентність;
- комунікативна компетентність;
- загальнокультурна компетентність [3].

Так само Гевліч І. К. провів аналіз діяльності викладацького складу, критеріями виступили:

- зовнішні ресурси, до яких відносяться: фінансова забезпеченість, матеріально-технічна забезпеченість, методична забезпеченість, організаційна забезпеченість, забезпеченість професійного зростання, інформаційна забезпеченість, система заохочень;
- внутрішні ресурси, тобто: рівень готовності та адаптованості до професійної діяльності [4].

І.В. Сібікіна провів аналіз компетентності студентів вузу, критеріями виступили:

- ступінь володіння загальнокультурних компетенціями (по кожній компетенції);
- ступінь володіння професійними компетенціями (по кожній компетенції) [5].

І. М. Ажмухамедов, А. І. Ажмухамедов здійснили оцінку ефективності освітньої діяльності установи, критеріями виступили:

- рівень матеріально-технічної бази ВНЗ;
- рівень затребуваності випускників;
- рівень довузівської підготовки та відбору абітурієнтів;
- рівень виховної діяльності вузу;
- рівень соціально-побутового забезпечення;
- рівень внутрівузівської системи контролю якості підготовки фахівців;
- рівень інформатизації вузу;
- якісний склад професорсько-викладацького складу [6].

А. А. Большаков, А. Ю. Маркелов провели аналіз психофізіологічного компонента моделі учня, критеріями виступили:

- загальний рівень інтелектуального розвитку;
- тип темпераменту;
- домінуючий канал сприйняття інформації;
- інформацію про стан особистості учня (свобода волі, ворожий настрій, почуття неприкаяності і т. Д.). [7]

І. В. Сібікіна, І. В. Космачов, Н. В. Давидюк оцінили рівень сформованості компетенції, критеріями виступили:

- характеристики рівня сформованості компетенції;
- характеристики вкладу дисциплін в компетенцію;
- характеристики втрат компетенції [8].

Сакулин С. А., Анісімова О. В. оцінили успішність учнів – знання з предметів, критеріями виступили:

- результати контрольних робіт;
- результати іспитів [9].

Соловійов І. В., Філатов С.В. проаналізували якість освітньої діяльності установи освіти, критеріями виступили:

- результати конкурсу абітурієнтів;
- маркетинг освітніх послуг;
- організацію освітнього процесу;

– інформаційні освітні одиниці;  
 – технології управління персоналом, людськими та освітніми ресурсами, освітніми інноваціями;

– інтелектуальний капітал [10].

Сироткін Г.В. провели оцінки якості освіти та ефективності діяльності вузу, критеріями виступили:

- відповідність стандартам;
- відповідність правовим вимогам;
- оцінка освітніх програм;
- оцінка співробітників;
- оцінка професорсько-викладацького складу;
- оцінка міжнародної діяльності;
- оцінка наукової діяльності та ін. [11].

Царьова Е. Н., Рижкова М. М. розробили модель учня з урахуванням його індивідуальних особливостей і переваг, критеріями виступили:

- знання з предмета;
- індивідуальні переваги;
- індивідуальні особливості, серед яких;
- риси характеру / особливості пам'яті, поведінка;
- самоорганізація (здатність до самостійних занять);
- наявність вільного часу;
- бажання / небажання вчитися;
- наявність інших будь-яких інтересів, непов'язаних з навчальною діяльністю;
- факультативна діяльність;
- спілкування з іншими студентами і викладачами;
- підтримка / відсутність підтримки з боку оточуючих, батьків;
- стан здоров'я;
- матеріальне становище [12, 13, 14].

В. С. Лаврентьєв, М. Ю. Пивовар провели оцінку професійної підготовленості випускника, оцінки результатів тестування за окремими розділами тесту, відповідним основними напрямками професійної підготовки студентів. [15].

Аналіз джерел, наведених вище, а також деяких інших джерел, дозволив зробити висновок, що найбільш часто інтегральну оцінку використовують при необхідності об'єднати безліч факторів, які впливають на освітню систему або її частину для порівняння повторюваних при різних умовах процесів:

- оцінка знань, умінь, навичок учня (різні учні при освоєнні однієї і тієї ж програми),
- оцінка якості освіти в освітній установі (різні установи при наданні одних і тих же освітніх послуг).

Для формалізованого опису багатопараметричної оцінки учня виділені і позначені вхідні дані, одержувані за підсумками того чи іншого етапу контролю (від  $X_1$  до  $X_{12}$ ). Визначено проміжні дані, одержувані в результаті первинної обробки результатів контролю і зберігаються в додаткових таблицях (від  $Z_1$  до  $Z_7$ ). Визначено вихідні дані, є елементами багатопараметричної оцінки (від  $Y_1$  до  $Y_{80}$ ). Між вхідними, проміжними і вихідними даними виявлені аналітичні залежності.

$Z_1$  – тестові завдання, розраховується за формулою 3:

$$Z_1 = \sum_{i=1}^n X_{1i}, \quad (3)$$

де  $X_{1i}$  – бал за  $i$ -те питання тестового завдання;

$n$  – кількість питань в тестових завданнях.

$Z_2$  – задачі, розраховується за формулою 4:

$$Z_2 = k_s \sum_{i=1}^n X_{2i}, \quad (4)$$

де  $X_{2i}$  – бал за  $i$ -й етап завдання;

$k_s$  – поправочний коефіцієнт, що враховує складність завдання,  $k_s \in [0,5; 1; 2]$ ;

$n$  – кількість етапів в задачах.

$Z_3$  – контрольні роботи, розраховується за формулою 5:

$$Z_3 = \sum_{i=1}^n Z_{2i}, \quad (5)$$

де  $Z_{2i}$  – бал за  $i$ -те завдання в контрольній роботі;

$n$  – кількість завдань в контрольних роботах.

$Z_4$  – лабораторні роботи, розраховується за формулою 6:

$$Z_4 = \sum_{i=1}^n X_{4i}, \quad (6)$$

де  $X_{4i}$  – бал за  $i$ -й етап лабораторної роботи;

$n$  – кількість етапів в лабораторних роботах.

$Z_5$  – критерії лабораторних робіт, розраховується за формулою 7:

$$Z_5 = \sum_{i,j=1}^{n,m} X_{4ij}, \quad (7)$$

де  $X_{4ij}$  – бал за  $i$ -й етап лабораторної роботи по  $j$ -му критерію;

$n, m$  – кількість етапів і критеріїв в лабораторних роботах відповідно.

$Z_6$  – компоненти структурних одиниць, розраховується за формулою 8:

$$Z_6 = \sum_{i,j=1}^{n,m} X_{1ij}, \quad (8)$$

де  $X_{1ij}$  – бал за  $i$ -те питання в тестових завданнях по  $j$ -й структурній одиниці;

$n$  – кількість питань і структурних одиниць в тестових завданнях відповідно.

$Z_7$  – етапи рішення контрольних робіт, розраховується за формулою 9:

$$Z_7 = \sum_{i,j=1}^{n,m} X_{2ij}, \quad (9)$$

де  $X_{2ij}$  – бал за  $i$ -й етап завдання  $j$ -го типу етапу;

$n$  – кількість етапів і типів етапів в задачах відповідно.

Багатопараметрична оцінка учня є безліччю, що включає в себе наступні елементи – групи результатів багатопараметричного контролю:

$$MPM = \{Y_{11}, Y_{12}, \dots, Y_{1p}; Y_{21}, Y_{22}, \dots, Y_{2s}; Y_{31}, Y_{32}, \dots, Y_{3l}; Y_{41}, Y_{42}, \dots, Y_{4v}\}, \quad (10)$$

де 1, 2, 3, 4 – номери груп результатів контролю;

$p, s, l, v$  – кількість результатів контролю в групі:  $p = 47, s = 6, l = 18, v = 9$ .

$Y_{1l}$  – коефіцієнт засвоєння теоретичного матеріалу,  $Y_{1l} \in [0;1]$ :

$$Y_{1l} = Z_1 / B_1, \quad (11)$$

де  $Z_1$  – сумарний бал, набраний учням за виконання тестових завдань;

$B_1$  – максимальний можливий бал, який учень міг набрати за виконання тестових завдань.

$Y_{12}$  – рівень засвоєння теоретичного матеріалу, що залежить від відповідного коефіцієнта:

$$Y_{12} = \begin{cases} \text{низький, } 0,00 \leq Y_{11} \leq 0,20, \\ \text{нижче середнього, } 0,21 \leq Y_{11} \leq 0,40, \\ \text{середній, } 0,41 \leq Y_{11} \leq 0,60, \\ \text{вище середнього, } 0,61 \leq Y_{11} \leq 0,80, \\ \text{високий, } 0,81 \leq Y_{11} \leq 1,00, \end{cases} \quad (12)$$

$Y_{13}$  – коефіцієнт засвоєння фізичних понять:

$$Y_{13} = \left( \sum_{i=1}^n X_{11i} + \sum_{i=1}^n X_{12i} \right) / (B_1 + B_2), \quad (13)$$

де  $X_{11i}$ ,  $X_{12i}$  – бали за  $i$ -ті відповіді на питання щодо визначення фізичних понять і по обґрунтуванню необхідності введення фізичного поняття відповідно;

$B_1$  і  $B_2$  – максимальне але можливі бали, які міг набрати учень за відповіді на питання по компонентам першої і другої структурних одиниць відповідно;

$n$ ,  $m$  – кількість питань по першій і другій структурним одиницям.

$Y_{14}$ ,  $Y_{15}$  – результати відповіді на питання щодо визначення фізичних понять і по обґрунтуванню необхідності введення фізичного поняття відповідно, наприклад,

$$Y_{14} = \{Y_{141}, Y_{142}, \dots, Y_{14N}\}. \quad (14)$$

Елементи вектора можуть набувати значень 0 або 1 в залежності від того, відповідь учень на питання чи ні:

$$Y_{14i} = \begin{cases} 0, X_{11i} = 0 \\ 1, X_{11i} > 0. \end{cases} \quad (15)$$

На завершення процесу математичного моделювання був виділено останній елемент багатопараметричної оцінки, а саме  $Y_{49}$  – рівень вихованості, що залежить від загального бала по вихованості  $Y_{48}$ :

$$Y_{49} = \begin{cases} \text{низький, } 0,00 \leq Y_{48} \leq 1,00, \\ \text{нижче середнього, } 1,01 \leq Y_{48} \leq 2,00, \\ \text{середній, } 2,01 \leq Y_{48} \leq 3,00, \\ \text{вище середнього, } 3,01 \leq Y_{48} \leq 4,00, \\ \text{високий, } 4,01 \leq Y_{48} \leq 5,00, \end{cases} \quad (16)$$

Виділені результати багатопараметричного контролю зведені в ієрархічному шаблоні, що є формою подання МПОУ

Багатопараметрична оцінка складається з чотирьох частин, кожна з яких присвячена детальному опису результатів контролю з навчальних предметів, загально навчальних умінь і навичок, розвитку і виховання відповідно. Частина 1 включає в себе кілька розділів, наприклад розділ 1 - «Фізика»: в кожному з параграфів описуються результати засвоєння навчального матеріалу по предмету на учнівському, алгоритмічній і творчому рівнях.

## ВІСНОВКИ

Розроблена математична модель являє собою вектор, елементи якого розраховуються з використанням виведених аналітичних залежностей і формуються за запитом користувача відповідно до шаблону. Це дозволяє формалізовано описати результати освітньої діяльності з позиції досягнень учня. Розроблена процедурна модель являє собою сукупність взаємопов'язаних підпрограм послідовного вилучення інформації про результати контролю з бази даних, описує процес заповнення ієрархічного шаблону багатопараметричної оцінки і відрізняється модульною структурою і використанням більш простих запитів до таблиць з попередньо розрахованими результатами контролю в інформаційному масиві.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бірюков О. М. Мультипликативно-адитивна згортка приватних критеріїв-агрегатів для оцінки ефективності роботи закладів охорони здоров'я // *Управління економічними системами [Електрон. науч. журн.]* – 2010. – № 4. – Режим доступу: <http://uecs.ru/logistika/item/275-2011-03-25-06-56-54> (дата звернення 20.12.2015).
2. Сакулин С. А. Оператори агрегування в нечітких діагностичних моделях технологічних процесів виробництва протяжних виробів / С. А. Сакулин // *Вісник ТДТУ*. – 2007. – Т. 13, № 1. – С. 57–70.
3. Гевліч І. К. Комп'ютерна підтримка управління якістю шкільної освіти / І. К. Гевліч, А. А. Захаров // *Вісник Саратовського державного технічного університету*. – 2009. – № 4 (43), вип. 2. – С. 216–219.
4. Гевліч І. К. Управління розвитком загальноосвітнього закладу на основі комплексної оцінки діяльності викладацького корпусу / І. К. Гевліч // *Вісник АГТУ. Сер. : Управління, обчислювальна техніка та інформатика*. – 2011. – № 2. – С. 191–198.
5. Сібікіна І. В. Процедура оцінки компетентності студентів ВНЗ, які навчаються за напрямку «Інформаційна безпека» / І. В. Сібікіна // *Вісник АГТУ. Сер. : Управління, обчислювальна техніка та інформатика*. – 2011. – № 1. – С. 200–205.
6. Ажмухамедов І. М. Формування рейтингової оцінки якості освіти на основі нечіткої графової моделі / І. М. Ажмухамедов, А. І. Ажмухамедов // *Вісник АГТУ. Сер. : Управління, обчислювальна техніка та інформатика*. – 2013. – № 4. – С. 150–157.
7. Большаков О. О. Розробка моделі інформаційних процесів при синтезі інтелектуальної навчальної системи з урахуванням психофізіологічних характеристик учнів / О. О. Большаков, А. Ю. Маркелов // *Вісник АГТУ. Сер. : Управління, обчислювальна техніка та інформатика*. – 2013. – № 1. – С. 180–186.
8. Сібікіна І. В. Моніторинг якості підготовки випускника вузу при здійсненні компетентнісного підходу / І. В. Космачов, Н. В. Давидюк // *Вісник АГТУ. сер. : Управління, обчислювальна техніка та інформатика*. 2013. – № 1. – С. 208–214.
9. Сакулин С. А. Формування інтегральних оцінок успішності учнів за допомогою операторів агрегування / С. А. Сакулин, О. В. Анісімова // *Наука і освіта. МГТУ ім. Н. Е. Баумана. Електрон. журн.* – 2015. – № 3. – С. 256–268. DOI: 10.7463 / 0315.0759904.
10. Соловійов І. В. Інтегральні оцінки якості освіти / І. В. Соловійов, С. В. Філатов // *Інтеграція освіти*. 2014. – Т. 18, № 2 (75). – С. 14–19. – Режим доступу: <http://cyberleninka.ru/article/n/integralnye-otsenki-kachestva-obrazovaniya> (дата звернення 12.01.2016).
11. Сироткін Г. В. Модель системи інтегральної оцінки якості освіти та ефективності діяльності ВНЗ // «Інновації в науці»: зб. ст. по матер. XLVI Міжнародної науково-практичної конференції (Росія, Новосибірськ 24 червня 2015 г.). Новосибірськ : Изд-во «СіБАК», 2015. С. 38–59. – Режим доступу: <http://sibac.info/19313> (дата звернення 25.12.2015).
12. Царьова Е. Н. Побудова математичної моделі учня для оптимізації навчального процесу / Е. Н. Царьова, М. М. Рижкова // *Відкрите і дистанційна освіта*. – 2014. – № 2 (54). – С. 63–68.
13. Царьова Е. Н. Методи і пристрої передачі і обробки інформації / Е. Н. Царьова, М. М. Рижкова // *Науково-технічний журнал*. – 2012. – № 14. – С. 119–121.
14. Царьова Е. Н. Математична модель оптимізації навчального процесу / Е. Н. Царьова // *Дистанційне і віртуальне навчання*. – 2015. – № 08. – С. 109–116.
15. Лаврентьев В. С., Пивовар М. Ю. Оцінювання професійної підготовленості на основі інтеграла Шоку // *Прикладна інформатика*. 2015. Т. 10, № 1 (55). С. 19–25.
16. Платонова А. С., Самохін А. В. Інформаційна система для середньої школи: монографія. Саарбрюкен: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. 128 с.

Стаття надійшла до редакції 11.03.2019 р.