

- *Новата информационна среда* •
- *New Information Media* •

ОБРАЗОВАТЕЛЕН СОФТУЕР ПО ХИМИЯ ЗА СРЕДНОТО УЧИЛИЩЕ

Милена КИРОВА
Софийски университет „Св. Климент Охридски“

Резюме. В статията са представени резултати от оценяване на образователен софтуер по химия за обучението в 9. клас. Оценяването е направено по два независими подхода — експертна оценка по разработен критериален модел и с малка група ученици. Резултатите и по двата подхода показват, че оценяваният софтуер може успешно да бъде използван в училищната практика.

Keywords: educational software, chemistry education, summative evaluation, secondary school

Компютрите, образователният софтуер, мултимедията все повече привличат вниманието на учители и ученици с възможностите чрез тях да се представят и усвояват сложни елементи от учебното съдържание по достъпен и атрактивен начин.

Обучението по химия осигурява подходяща среда за приложение на елементи от електронното обучение поради спецификата в съдържанието на химичната наука. Химичните обекти — веществата и химичните реакции — се разглеждат на няколко равнища. Макронивото отбелязва промените,

които се наблюдават или измерват с уреди, а микронивото — причините за тези промени, сложни вътрешни процеси, осъществявани с участие на атоми, молекули и йони. Третото равнище в химията е семиотично и се свързва със сложната моделно-знакова система за означаване на промените на макрониво, на микрониво и на връзките между тях. Тази многопластовост дава възможност за мултимедийно представяне на веществата и химичните явления, в които те участват. От друга страна усвояването на химичното учебно съдържание успешно може да се осъществява и чрез дейности, опосредствани от образователен софтуер.

За да реализира тези свои функции, образователният софтуер по химия трябва да притежава определени качества. Оценката на тези качества засяга различни аспекти на софтуера: съдържателен — представянето на химичните обекти със средствата на компютъра; психологически — условията, които се осигуряват за пълноценно реализиране на учебните дейности; технологичен — удобство при навигация и предвидим за потребителя интерфейс¹⁻³⁾ [1]. Тези аспекти на оценката пряко или косвено са свързани с условията, които образователният софтуер осигурява за постигане на целите на обучението.

Оценката на софтуера и на неговите образователни качества може да бъде^{3,4)} [2]: (1) формираща (formative) оценка на софтуер, която започва още в процеса на неговото проектиране и продължава през целия процес на разработването му и (2) заключителна, крайна (summative), която се прави с различни методики на готовия учебен софтуерен продукт.

В настоящата статия е представена заключителна оценка на качествата на образователен софтуер, предназначен за обучението по „Химия и опазване на околната среда“ в 9. клас. Акценти в оценяването са: (а) наличие на образователни качества за реализиране на пълноценен учебен процес и (б) постигане на образователните цели при използване на конкретния софтуер.

Резултатите от оценката ще определят приложимостта на учебния софтуер в учебната практика.

Характеристика на оценявания образователен софтуер

Оценяваният учебен софтуер „Техника на безопасност в химичната лаборатория. Получаване на азот“ е разработен в съответствие с учебната програма за 9. клас. В него е представена виртуална химическа лаборатория. Основната задача на учениците е при спазване на правилата за безопасна работа виртуално да конструират подходяща апаратура за получаване на азот и да изследват неговите свойства. Въвеждането във виртуалната лаборатория става след предварителен тест. Всяка грешка на учениците

при работа се санкционира с отнемане на точки. На разположение на учениците са указания за работа, допълнителни информационни ресурси, помощ и статус-бар, който подпомага планирането на действията на учениците (Фиг. 1). Симулацията в лабораторията дава възможност многократно да се анализират и повтарят всички действия, да се откриват грешките и да се коригират. Софтуерът предвижда и игрови елемент, като състезание за изпълнение на задачата за определено време.



Фиг. 1. Момент от работата във виртуалната химична лаборатория „Техника на безопасност в химичната лаборатория. Получаване на азот“

Методи на изследването

В практиката се използват три основни групи методи за крайна оценка на учебен софтуер: (1) Определяне на качества на програмите от оценители — специалисти в съответната образователна област и/или учители по съответния учебен предмет^{1,3)} [3]. Оценителите тестват софтуера, а своята оценка представят качествено или количествено въз основа на определени критерии и показатели. Тези методи са най-икономични от гледна точка на време и разходи. (2) Тестване на програмите с малки групи ученици, изяви-ли желание за участие в такава оценка. От тях може да се очаква полезна информация за качествата на образователния софтуер поради ангажираността им в тази дейност²⁾. В случая се използват входящи и изходящи тестове, наблюдение, интервюта, анкети. Тези методи позволяват тестване на

програмата от бъдещи потребители и осигуряват пряко наблюдение и оценяване на резултатите. (3) Проверка на качествата на програмите в реална среда — изисква провеждане на обучение в естествени условия и оценка на резултатите²⁾. Тези методи са най-сложни за организация и провеждане, изискват много богата материална база и голям брой наблюдатели.

В настоящето изследване оценката на образователния софтуер е осъществена чрез две методики — експертна критериална количествена оценка и тестване с малка група ученици.

В експертната оценка участваха 11 действащи учители по химия от страната, които имат интереси към приложението на съвременните информационни технологии в обучението по химия. След самостоятелно тестване на програмите оценителите представиха своите оценки в експертни карти за критериална оценка на програмите по разработен от нас модел за оценка на образователни качества на учебен софтуер по химия [4-6]. Според този модел за оценка на конкретния учебен софтуер са определени общо 38 оценъчни показатели и индикатори, разпределени в две групи — 26 общи задължителни и 12 специфични. Експертите представят количествена оценка по всеки от тях в тристепенна числово-вербална скала: 0 — не отговаря на показателя; 1 — частично отговаря; 2 — напълно отговаря на показателя.

За тестване на програмата в малка група бяха подбрани ученици, които в момента на изследването изучават учебното съдържание по темата „Пета главна група на периодичната система“. Методиката изисква в групата да се включат ученици, които сами са изявили желание за участие. Затова първо бяха обяснени процедурите на изследването пред всеки отделен клас и след консултация и съгласие на родителите в експеримента бяха включени желаещите ученици. Така се формира група от 14 ученици.

За да се установят качествата на учебния софтуер бе разработен протокол за наблюдение на работата на учениците и за осъществяването заедно с него интервю „мислене на глас“. Този протокол е в съответствие с критериите за определяне на качествата на учебен софтуер, включени в споменатия вече модел.

Определянето на степента на достигане на образователните цели при работа с компютърните програми от ученици бе осъществено с пре-тест и пост-тест, разработен по процедурата за съставяне на критериални тестове [7]. Тест-спецификацията на теста е в съответствие с учебната програма за 9. клас по „Химия и опазване на околната среда“ (Таблица 1).

Работата с всеки от участниците в изследването протече при следната организация: всеки ученик решава самостоятелно пре-тест; ученикът работи самостоятелно с изследваната компютърна програма в присъствието на наблюдаващия, който отбелязва в протокола за наблюдение неговите дейс-

тивия, реакции, коментари, отговори на въпроси от протокола; провежда се пост-тест.

Таблица 1. Тест-спецификация за учебен софтуер
„Техника на безопасност в химичната лаборатория.
Получаване на азот“

От ученика се очаква да:	Брой задачи в теста
<i>Описва</i> физични и химични свойства на азота.	3
<i>Определя</i> степента на окисление на елемента азот в различни негови съединения.	1
<i>Означава</i> с химични уравнения свойствата на азота.	1
<i>Обяснява</i> реакционната способност на азота с особеностите на химичната връзка.	1
<i>Планира</i> експеримент за получаване и събиране на азот.	2
<i>Конструира</i> подходяща апаратура за получаване и събиране на азот.	3
<i>Подбира</i> реактиви за получаване на азот.	1
<i>Планира</i> експеримент, свързан с изследване на свойствата на азота.	2
<i>Прилага</i> общи правила за безопасна работа в химичната лаборатория и използва предпазни средства при извършване на експеримента.	2
<i>Прилага</i> правила за безопасна работа с натриева основа	1

Резултати от оценката на образователния софтуер по химия

Резултати от експертната оценка

Данните от проведената експертна оценка бяха проверени за съгласуваност на експертите с коефициент за надеждност α -Кронбах. За оценките по общите задължителни показатели и индикатори (26 на брой) $\alpha = 0,86$, а за оценките по специфичните показатели и индикатори (12 на брой) $\alpha = 0,79$. Получените коефициенти се оценяват като „много добри за практически цели“.

В Таблицы 2 и 3 са представени сумите от оценките на всеки експерт съответно по общите задължителни и по специфичните показатели и индикатори. За всички експерти тези суми са по-високи от зададените в модела за оценяване правила [6]: за общите задължителни критерии сумата от експертните оценки трябва да е равна или над 75% от максималния възможен бал $C_1 \geq 75\%C_{\max}$ ($C_1 \geq 59$); за специфичните критерии сумата от експертни-

те оценки трябва да е равна или над 50% от максималния възможен бал $C_2 \geq C_{\max}$ ($C_2 \geq 18$).

Получените резултати от експертната критериална количествена оценка показват, че образователния софтуер „Техника на безопасност в химичната лаборатория. Получаване на азот“ притежава необходимите образователни качества за реализиране на пълноценен учебен процес.

Таблица 2. Резултати от оценките на експертите по общите задължителни критерии

Общи задължителни показатели и индикатори	Експерт №										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Сума за всеки експерт C_1 максимална 78 т. 75% – 59 т.	67,00	70,00	70,00	72,00	71,00	67,00	65,00	69,00	73,00	60,00	65,00

Таблица 3. Резултати от оценките на експертите по специфичните критерии

Специфични показатели и индикатори	Експерт №										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Сума за всеки експерт C_2 максимална 36 т. 50% - 18 т.	26,00	21,00	29,00	30,00	29,00	23,00	25,00	29,00	24,00	23,00	21,00

Резултати от тестване с малка група ученици

Ще представим някои от обобщенията за отделните образователни качества на изследваната компютърна програма, направени след качествен анализ на получените по протокола за наблюдение резултати.

(А) *Качество на учебното съдържание.* При работа с образователния софтуер учениците не откриват неточности в учебното съдържание. Не се затрудняват при извършване на учебните действия и използват дадените указания като общи постановки за тяхното реализиране. Затрудненията в някои от практическите действия във виртуалната среда те обясняват с недостатъчния си опит в химичния експерименти. При работата им се наблюдават сравнително слабо самостоятелно обвързване на елементите на съдържанието на софтуера с вече известни елементи — осъществява се след

насочване от наблюдаващия. Това явление се наблюдава в първите тествания на софтуера и се обяснява повече с големия ентузиазъм на учениците за работа, отколкото с липса на такива насочващи елементи в него.

(Б) *Максимално използване на възможностите на компютъра за представяне на съдържанието на химичните обекти.* При работа с програмата учениците нямат нужда и не изискват допълнително обяснение на представените в нея факти, тъй като те са включени в съдържанието ѝ.

(В) *Възможност за регламентиране на времето за работа.* По голямата част от учениците приемат с удоволствие възможността за самостоятелен избор на време за работа. След разучаване на учебния софтуер дори избират все по-кратки интервали, за да се „състезават“ и обсъждат получените резултати.

(Г) *Качество на взаимодействието с образователния софтуер при осъществяване на дейността по задачите.* Учениците се ориентират бързо в структурата на софтуера, използват справочните данни и указанията още преди действията, а част от тях и по време на работа. Към техническите инструкции за работа се обръщат след като срещнат затруднения. По-голямата част от учениците избират за първите варианти на тестване неограничено време за работа и затова не използват часовника на екрана. Той им става особено необходим, обаче, когато се „състезават“ с програмата. Учениците разбират какви действия се изискват и лесно ги осъществяват при решението. За това най-голямо значение има статус-барът на екрана, който дава текущи указания за съответните операции.

(Д) *Качество на контрола на решението на задачата.* Учениците разбират всички подадени им съобщения и коментари по време на решението. Предпочитат съобщения за работата си да получават само при грешка, а не след края на всяка операция. Подадените им съобщения и коментари подпомагат деликатно тяхната работа.

(Е) *Качество на самоконтрола при решението на задачата.* Анализът на наблюдението по общите и специфични показатели, свързани с този критерий показва, че в програмата са налице достатъчно елементи за осъществяване на самоконтрол и самокорекция от страна на учениците — статус-бар, подходящи съобщения, насочващи към самокорекция, цялостно упътване за работа и технически инструкции. Не се наблюдава, обаче, силно изявено желание у учениците сами да поправят грешките си, като те приемат без коментари поправките, направени от програмата.

(Ж) *Качество на задачите.* По-голяма част от учениците приемат предложените им задачи, действия и операции и ги осъществяват с желание.

(3) *Качество на цялостното представяне на химичните обекти.* Използване на възможностите на компютъра за опериране с моделите. При работата във виртуалната химична лаборатория учениците не изискват допълнително представяне на микрониво на осъществяваните от тях явления и процеси. Допада им начинът на опериране с моделите, като някои споделят, че биха искали да видят обемно представяне на сглобяваната апаратура.

(И) *Представянето на съдържанието стимулира и мотивира учениците.* По-голямата част от учениците приемат добре атрактивните елементи в програмата, своя „наставник“, неговите шеговити коментари. Работата във виртуалната лаборатория представлява за тях нова и интересна учебна дейност и по-голямата част от тях не се интересуват от практическата страна на изучаваните явления. Други, все пак, задават въпроси къде и как се използват в практиката осъществяваните химични процеси.

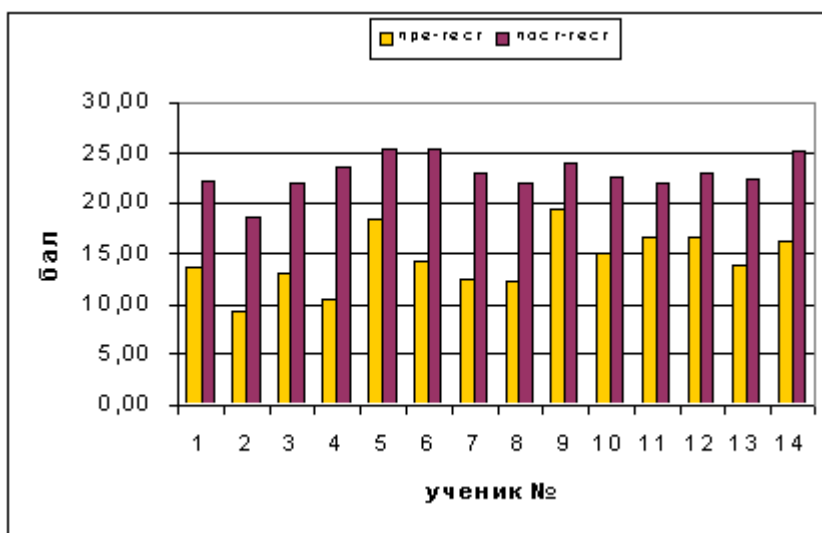
От тези резултати може да се направи извод, че програмата се приема много добре от учениците. Те учат с удоволствие и интерес, изявяват желание да използват и други учебни мултимедийни продукти в учебната си работа. По време на дейността си по-голямата част от учениците изявиха желание да осъществят изпълняваните виртуални експерименти в реална лабораторна среда.

Постигането на определените образователни цели при използване на учебния софтуер бе установено с помощта на входящ и изходящ тест. В таблица 4 са представени основните емпирични статистики, изчислени въз основа на получените резултати.

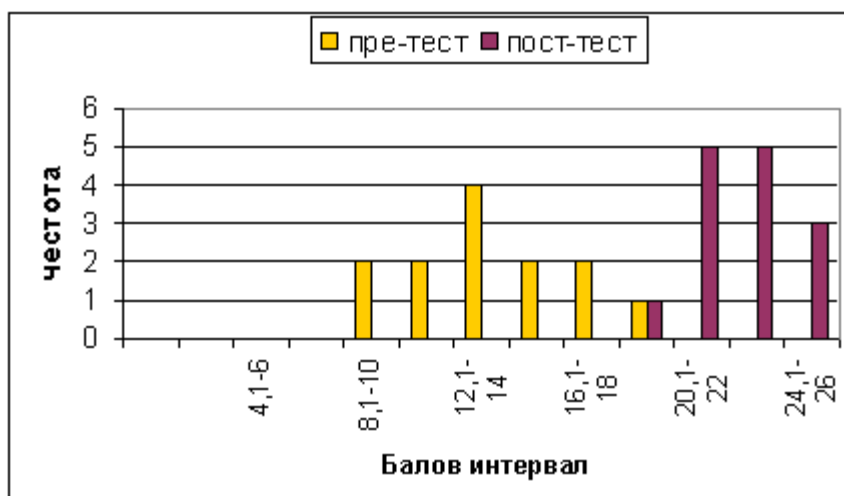
Таблица 4. Резултати от тестирането

Основни емпирични статистики	Пре-тест	Пост-тест
Средно аритметична стойност, $\bar{x}$	14,44	22,99
Медиана, Me	14,13	22,88
Мода, Mo	16,75	25,5
Средно квадратично отклонение, s	2,91	1,79
Коефициент на вариация, V	20,15%	12,78%

Резултатите от тестовете за всеки ученик и честотното разпределение на тестовите балове е представено на Фигури 2 и 3.



Фиг. 2. Резултати от пре-теста и пост-теста за всеки ученик



Фиг. 3. Честотно разпределение на тестовите балове

За проверка на хипотезата за статистически значима разлика между постиженията на учениците по пре-теста и пост-теста бе използван статистическият тест на Ман-Уитни, който е непараметричен еквивалент на t-теста на Стьудънт. Той се използва при малки групи, за които не може да се установи условие за нормалност на разпределението.

Пресметнатият емпиричен резултат за параметъра U на Ман-Уитни е $U_{емп.} = 1$. Табличната критичната стойност на U при вероятност за грешка $\alpha = 0,05$ и извадки $n_1 = 14$ и $n_2 = 14$ е $U_{0,05;14,14} = 55$. Резултатът $U(=1) < U_{0,05;14,14} (=55)$ показва че между постиженията на учениците преди и след работа с образователния софтуер съществува статистически значима разлика. Въз основа на това може да се направи извод, че в резултат на използване на образователния софтуер „Техника на безопасност в химичната лаборатория. Получаване на азот“ учениците постигат в по-голяма степен образователните цели.

Заклучение

От представеното оценяване на образователен софтуер по химия за средното училище по различни методики могат да се направят обобщения в различни аспекти. Първият от тях е свързан пряко с поставената цел на изследване — качество на оценявания софтуер. В този смисъл получените по двете методики резултати недвусмислено показват, че учебният софтуер „Техника на безопасност в химичната лаборатория. Получаване на азот“ има много добри образователни качества и може да бъде изключително полезен и приложим в обучението по химия в средното училище.

Оценяваната програма е свързана с една от най-интересните за учениците страни на химията — експерименталната. Според наши изследвания съществуват значителни пропуски в подготовката на учениците именно в тази област — планирането и осъществяването на химичния експеримент [8-10]. Изследването показва, че разработването на подобен софтуер и съчетаването му с реален експеримент има не само образователен, но и силно изразен мотивационен ефект, особено при наблюдавания в последните години спад в интереса към природните науки. Основание за това ни дава и спонтанната реплика на един от учениците „Искам да уча химия така — с учител, софтуер и в химичната лаборатория“.

Оценяването на софтуера е направено въз основа на разработен модел за определяне на образователни качества на учебен софтуер, изцяло съобразен със спецификата на обучението по химия. Потвърждаването на получените с него резултати с друга методика показва, че той може да се използва не само за ефективна крайна оценка на учебен софтуер, но и в хода на разработването му. Така разработеният въз основа на предварителни изисквания и критерии образователен софтуер ще бъде надеждно средство за успешен учебен процес и постигане на образователните цели.

БЕЛЕЖКИ

1. <http://www.sites.fse.ulaval.ca/reveduc/html/vol1/no3/evalmult.html>
2. <http://www.sites.fse.ulaval.ca/reveduc/html/vol1/no3/evalsam.html>
3. <http://www.conta.uom.gr/conta/publications/PDF/Evaluation%20of%20Educational%20Software%20Designed%20for%20the%20Purpose%20of%20Teaching%20Programming.pdf>
4. <http://www.cemca.org/EMHandbook/educational.htm>

ЛИТЕРАТУРА

1. **Reeves, T.C.** Evaluating Interactive Multimedia. *Educational Technology* **32**, 47-53 (1992).
2. **Le, Q., T. Le.** Evaluation of Educational Software: Theory into Practice. In.: Sigafos J., V. Green (Eds.). *Technology and Teaching*. Nova Science Publishers, New York, 2007, pp. 115-124.
3. **Лаутербах, Р. К. Фрей.** Програмни продукти за образователни цели: равностметка и перспективи. *Перспективи* **17**, 443-447 (1987).
4. **Кирова, М., М. Павлова, З. Малчева.** Някои проблеми при подбора на образователен софтуер по химия. В: *Науката, методиката и училището – конфликтни точки, срещи и разминавания*. Том II. Природоматематическо направление. Смолян, 2002, сс.120-122.
5. **Кирова, М., Е. Бояджиева.** Примерен технологичен модел за проектиране и изработване на учебен софтуер по химия. *Химия* **15**, 403-412 (2005).
6. **Кирова М.** Модел за определяне на образователни качества на компютърни програми по химия, *Дисертация за образователната и научна степен „доктор“*. СУ „Св. Климент Охридски“, 2007.
7. **Тафрова – Григорова, А.** Съставяне на тестове (приложено към обучението по химия). *Педагог* **6**, София, 2007.
8. **Tafrova-Grigorova, A., M. Kirova, E. Boiadjieva, A. Kuzmanov.** State Educational Requirements: Expectation and Reality. *Chemistry* **17**, 411- 423 (2008) [In Bulgarian].
9. **Tafrova-Grigorova, A., E. Boiadjieva, M. Kirova, A. Kuzmanov.** External Evaluation in Students' Achievements: Chemistry and Environment – 9th Grade. *Chemistry* **18**, 94 -123 (2009) [In Bulgarian].
10. **Kirova, M., E. Boiadjieva, A. Tafrova-Grigorova.** Chemistry and Environment: Whether the Students Achievements Approve the State Educational Requirements. *Chemistry* **19**, 116-140 (2010) [In Bulgarian].

EDUCATIONAL CHEMISTRY SOFTWARE FOR SECONDARY SCHOOLS

Abstract. An evaluation of educational chemistry software for 9th grade of the secondary school is presented in this paper. Two approaches are applied: a peer evaluation of the developed criterial model and a small student group investigation. Both approaches show that the evaluated software could be successfully used in school practice.

✉ **Dr. Milena Kirova**

Research Laboratory on Chemistry Education and History
and Philosophy of Chemistry,
Department of Physical Chemistry
University of Sofia,
1 James Bourchier Blvd., 1164 Sofia, BULGARIA
E-Mail: kirova_m@abv.bg