

МОДЕЛ НА ДИАГНОСТИЧЕН ТЕСТ ЗА КОНТРОЛ НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОТ КОМПЮТЪРНО СЪПРОВОДЕНО ОБУЧЕНИЕ ПО ПРИЛОЖНА МАТЕМАТИКА В РУСЕНСКИ УНИВЕРСИТЕТ

Стефка Караколева

Русенски Университет „Ангел Кънчев“
Катедра „Приложна математика и статистика“
skarakoleva@uni-ruse.bg, skarakoleva@gmail.com

Резюме. Статията представя практически опит по компютърно съпроводено обучение по Числени методи с MATLAB по дисциплината „Приложна математика“ в Русенски университет за студенти – първи курс от професионално направление „Технически науки“. Представен е модел на диагностичен тест за проверка на знанията на студентите и резултатите от неговото прилагане. Описана е диагностичната процедура за разработване на тестов модел и е извършен статистически анализ на резултатите.

Key words: education, numerical methods, statistics, Computer Algebra Systems (CAS), MATLAB, SPSS

Въведение

Обект на изследването е учебно-познавателната дейност на студентите от специалност „Индустиално инженерство“ на Русенски университет – техните знания и умения при изучаването на учебната дисциплина „Приложна математика“. Целта на изследването е да се разработи и експериментира диагностичен тест [6] за текущ контрол на знанията на студентите по дисциплината при следната хипотеза: използването на теста като метод за оценка на знанията на студентите по дисциплината стимулира познавателната им дейност и води до по-добро и качествено усвояване на учебния материал.

1. Организация и методика на изследването

За постигане на поставената цел са поставени и изпълнени следните основни задачи:

- проучване на литературни източници, свързани с теоретичната концепция на диагностичната процедура [1,2,3,8];
- анализ на учебното съдържание по дисциплината;
- разработка и апробация на комбиниран тест за проверка на знания;
- статистическа обработка и анализ на теста, изводи.

1.1. Диагностичен анализ на учебното съдържание

Учебната дисциплина „Приложна математика“ се изучава от студенти специалност „Индустиално инженерство“ през 2-ри семестър. Учебното съдържание включва четири раздела - Функции на много променливи, Теория на вероятностите, Числени методи и Статистика. Дисциплината е с хорариум 2 часа лекции и 1 час практически упражнения. Поради намаления хорариум по дисциплината, е разработена методика на обучение с практическа насоченост [7], при която обучението по Числени методи и Статистика се провежда в компютърна зала с терминали и използване на компютърни системи за математически изчисления и визуализация MATLAB и SPSS. Разработени са учебно пособие [4] и web-базиран курс [5] по дисциплината, включващ лекции, упражнения, тестове, задачи, видео-уроци и др., чрез които се подпомага усвояването на материала от студентите в извънаудиторната им работа. В [7] е направен анализ на учебното съдържание и методиката на преподаване на дисциплината, посочени са трудностите, с които се сблъскват студенти и преподаватели в процеса на обучение, анализират се причините и подходите за тяхното овладяване.

По отношение на раздела „Числени методи с MATLAB“, предмет на настоящата статия, е изградена стройна методика на практически насочено обучение, която се прилага и усъвършенства повече от 10 години. Изучаването на числените методи е обвързано тясно с практическото им използване в средата на системата MATLAB [7]. Съдържанието на учебната дисциплина дава възможност студентите да придобият знания и практически опит за числено решаване на системи линейни уравнения, нелинейни системи, апроксимиране на функции, числено интегриране, диференциални уравнения и системи, статистически методи. Обучението по дисциплината има за цел, чрез усвояване на изучавания материал, студентите да придобият компетенции и практически умения за самостоятелно решаване на задачи.

Очакваните резултати от обучението са свързани с уменията на студентите да прилагат на практика своите знания като използват команди и процедури от функционалния интерфейс на компютърните системи MATLAB и SPSS за: решаване на системи линейни алгебрични уравнения с точни и итерационни методи; нелинейни уравнения и системи; апроксимиране на таблично зададени функции по метода на най-малките квадрати; числено решаване на интеграли и приложения, числено решаване на диференциални уравнения от първи и втори ред; първична обработка на статистическа извадка и изчисляване на описателни характеристики на извадката.

1.2. Разработване на инструментариум

1.2.1. Планиране съдържанието на теста

В комбинирания тест са включени 26 задачи. В Таблица 1 е дадено тяхното разпределение по теми.

№	Съдържание на въпросите	Брой задания	Номер на въпросите
1	MATLAB	4	1, 2, 15, 19
2	Системи линейни алгебрични уравнения (СЛАУ)	5	3, 4, 5, 16, 26.1
3	Нелинейни уравнения (НУ)	5	6, 7, 14, 24, 26.2
4	Нелинейни системи уравнения (НСУ)	3	13, 17, 21
5	Апроксимиране на функции (АФ)	2	8, 22
6	Числено интегриране (ЧИ)	5	9, 10, 18, 20, 25
7	Диференциални уравнения (ДУ)	3	11, 12, 23

Таблица 1. План на теста върху раздел „Числени методи с MATLAB“

1.2.2. Конструиране на теста

В Таблица 2 е представена матрицата на Тейлър [2], като в хоризонтален ред са посочени нивата на усвояване според таксономията на Блум, а във вертикален ред - целите на учебното съдържание.

Съдържателна рамка на теста						
Учебно съдържание	Категории умствен труд					
	Знание	Разбиране	Приложение	Анализ	Синтез	Оценка
Номера на въпросите						
MATLAB	19	1	15	2		
СЛАУ	16	4	3	5		26.1
НУ	6	7	14		24	26.2
НСУ	13		17	21		
АФ	8			22		
ЧИ	20	10	18	9	25	
ДУ	-		11	12,23		

Таблица 2. Матрица на Тейлър

Подреждането на задачите в теста е извършено на основата на критерия, предложен от В.Нол и Д.Скенел [2, стр.478]. Според критерия, в първа група са задачите с избран отговор, във втора - задачи с кратък отговор или задачи за допълване, в трета - задачи за съотнасяне и в четвърта - задачи тип „есе“.

1.2.3. Начин на оценяване

Оценяването на всеки верен отговор на задачите от комбинирания тест става по следния начин (Табл. 3):

- А) За всеки верен отговор на въпросите от I част - по 1 точка;
- Б) Задачите от II част за допълване се оценяват с по 2 точки;
- В) Задачите със свободен отговор от II част - по 1 точка;
- Г) За вярно съответствие в задачите за съотнасяне - 1 точка;
- Д) Задачите за подробно решаване от III част - по 3 точки.
- Е) Задачите от IV част за подробно решаване се оценяват по 6 точки.

При грешен отговор не се отнемат точки. Максималният брой точки е 60.

Точки	0 – 20	21-30	31-40	41-50	51 - 60
Оценка	Слаб	Среден	Добър	Мн. добър	Отличен

Таблица 3. Критерии за оценка

2. Статистически анализ на теста

2.1. Анализ на теста

Анализ на задачите от теста. За установяване на съответствие между тестова задача и учебната цел, чието постигане измерва, се използва рейтинг-скалиране. Степента на съответствието се оценява от експерти чрез шестстепенна оценъчна скала, като обобщените резултати се нанасят в таблица. За целта поисках мнението на пет колеги – експерти от Русенски университет. Всеки от тях получи екземпляр от комбинирания тест [6] и карта за експертна оценка, в която постави оценка от 1 до 6 на всяка задача, в зависимост от съотнасянето Цел - Задача.

Средната аритметична стойност на експертните оценки е 5.70 от максимално възможна 6.00, което показва, че въпросите са подходящи. Данните от експертите сочат, че задачите с номера 2, 7, 9, 11, 12, 17, 24, 25 и 26 имат максимална оценка от експертите, а задачите с номера 1, 3, 4, 5, 8, 10, 14, 19, 20, 21, 22 имат средна аритметична оценка над 5,50. Това показва много добро съответствие между въпросите на теста и учебните цели. Съответно, те са подходящи за проверка на знания и умения по „Приложна математика“, получени в часовете, определени за изучаване на раздел „Числени методи с MATLAB“. От този факт следва, че те могат да се използват успешно за изграждане на тестови вариант, който да апробирам. Въпросите с номера 6, 13, 15, 16, 18 и 23 имат оценка по-малка от 5,50, което предполага тяхното модифициране. След модифициране на въпросите, се провежда *пилотен* тест.

Екстремални групи. След провеждане на теста, получените резултати се подреждат в *първичен протокол*. От него се формира *редуциран протокол* в низходящ ред в зависимост от общия бал. В него, в зависимост от баловете, студентите се разделят на две екстремални групи - „силна“ и „слаба“ [2,

стр.487] - първата половина образува „силна“ група, а втората половина - „слаба“ група. Така се получават две екстремални групи, всяка от 9 студенти.

Надеждност на теста. За да анализирам надеждността на теста прилагам метода на успоредното тестване [2] като използвам два варианта - А (X) и В (Y). При първо тестване първата група решава вариант А на теста, а втората – вариант В, Табл.4.

	тестиране I	тестиране II
№	Вариант А (X)	Вариант В (Y)
1	48	50
2	20	20
3	27	29
4	40	42
5	46	46
6	19	18
7	21	21
8	25	24
9	54	54
	Вариант В (Y)	Вариант А (X)
10	18	18
11	22	23
12	49	51
13	53	54
14	40	41
15	19	20
16	51	52
17	28	29
18	45	47

Таблица 4. Резултати I и II тестване

След определено време (2 седмици), при второто тестване разменям вариантите, като първата група решава вариант В, а втората - вариант А.

Според различните методи за анализ на надеждността на тест [2], се използват различни коефициенти на корелация, чрез които се пресмята надеждността. За проверка надеждността на теста използвам коефициент на Фланаган r_{tt} , препоръчван при двукратно провеждане на теста. Методиката на изследването [1], [2, стр.493] изисква след двете тествания да се изчисли коефициента на Фланаган по формулата

$$r_{tt} = \frac{4S_1 S_2 r_{12}}{S_1^2 + S_2^2 + 2S_1 S_2 r_{12}}, \quad (1)$$

където S_1 , S_2 са стандартните отклонения на тестовия бал от първо и второ тестване, r_{12} е коефициента на корелация между двете половини на теста, пресметнат по формулата на Пирсън-Браве

$$r_{12} = \frac{\sum (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{(n-1)S_X S_Y}. \quad (2)$$

Приема се, че коефициентът на надеждност трябва да варира в интервала от 0.5 до 1. В случая, стойността на коефициента на Фланаган r_{tt} е 0.77. Получената стойност на коефициента на корелация между данните на двете форми на теста е висока, което означава, че те са еквивалентни, а тестът като цяло е надежден.

Обективност и валидност на теста. Обективността на теста се определя от частното $\frac{N}{n}$, където N е броят на статистически верните резултати, а n е броят на изследваните лица. Коефициентът на обективност за пилотния тест (I тестване) е 0.61, а за тестване II - 0.5. Коефициентът на обективност при съответните тествания е в допустимите граници, което означава, че резултатите от теста са обективни.

За да се определи *съдържателната валидност* на теста, се използва оценката на експертите за съответствието на включените в дидактическия тест задачи и учебното съдържание, чието овладяване той трябва да измерва. Оценката, дадена от експертите е 95% (оценка 5,70 от максимална 6), което е показател за съдържателната валидност на теста [2]. За определяне на *критериалната валидност* на теста се използва метода на контрастните групи [2, стр.233-237], като за *стандарт на успешност* (cut-off) се приема доверителния интервал на разпределението на баловете от пилотния тест [20,48]. Резултатите показват, че извън доверителния интервал от слабата група попадат 4 студенти, а от силната - 3. Това означава, че при приетия стандарт общо 7 от 18 студенти (39%) ще бъдат оценени погрешно, което означава, че валидността на решението е 61%.

2.2. Анализ на задачите от теста

Анализът на теста се извършва по отношение на следните характеристики: трудност, дискриминативна сила, анализ на дистракторите (при въпроси и задачи с избран отговор).

2.2.1. Анализ на трудността

Трудността на една тестова задача се определя от процентния дял на правилно решилите я студенти чрез *индекса на трудност* [2]. В зависимост от типа на задачите, индексът на трудност се пресмята по една от формулите:

- При задачи с алтернативен отговор от типа „да-не“ се използва:

$$P = \frac{N_r}{N_b} \cdot 100 \% , \quad (3)$$

- При задачи с множествен избор или задачи за съотнасяне се използва:

$$P = \frac{N_r - \frac{N_f}{m-1}}{N_b} \cdot 100 \% , \quad (4)$$

където N_r е броят на студентите от двете групи, решили вярно задачата, N_f е брой студенти, решили грешно задачата, N_b е брой студенти, решавали задачата, m е брой възможни отговори на задачата. Резултатите показват, че индексът на трудност за задачите в теста варира от 22% до 67% при препоръчителен интервал 15% - 85%, което показва, че те отговарят на изискванията за трудност и могат да бъдат включени в теста.

2.2.2. Анализ на дискриминативната сила

Дискриминативната сила на тестова задача показва доколко тя може да разграничи „силните“ от „слабите“ студенти по техните постижения. Тя се определя по формула (5):

$$DP = \frac{2(R_u - R_l)}{T} , \quad (5)$$

където R_u - брой студенти от „силната“ група, вярно решили задачата, R_l - брой студенти от „слабата“ група, вярно решили задачата, а T е общият брой на всички студенти от двете екстремални групи.

Оценка за дискриминативната сила на задачи от типа „есе“ се извършва по друга процедура [2, стр.194], като се отчита отношението на количеството точки, получени при решаването на съответната задача в дадената група. Показателят на дискриминативната сила за дадена задача се получава, като полученият брой точки се раздели на максималния брой точки, които могат да получат общо студентите от дадена група и от полученото за първата група число се извади съответното число на „слабата“ група. Този начин за определяне на индекса на дискриминативна сила е използван за задачи с № 19, 20, 21, 22, 23 и 26. За останалите задачи е приложена формула (5).

От начина, по който студентът е решил задачата, се прави извод за степента на неговото познавателно ниво. Този етап от анализа се нарича още *анализ на селективността на задачите*.

Препоръчителният интервал на стойностите на дискриминативната сила DP трябва да е от 0,4 до 0,6; тогава тя разграничава най-добре възможностите на тестваните. Задачата трябва да се формулира отново, ако има индекс под 0,4. Ако стойността е под 0,2, задачата трябва да се подмени, защото както добрите, така и слабите студенти еднакво често ще бъдат в състояние да я решат. Ако обаче останалите показатели на задачата са добри, може задачата да остане и без изменение.

Задачи №16 и №25 имат стойност на $DP = 0.22$, което предполага преформулиране или отпадане на задачите.

2.2.3. Анализ на дистракторите

При задачи с избран отговор такъв анализ е необходим, за да се установи дали и до каква степен дистракторите (грешните отговори) са приемливи за студентите и доколко те позволяват да се разграничат „силните“ от „слабите“ студенти. При анализа се отчитат трите основни критерия, посочени от Р. Берк: (1) Всеки от дистракторите трябва да бъде посочен от повече „слаби“ студенти, отколкото „силни“; (2) Всеки дистрактор трябва да бъде посочен също така от поне няколко студенти и от силната група; (3) В силната група нито един от дистракторите не трябва да бъде посочен от повече студенти, отколкото верния отговор.

Според горните критерии са направени следните изводи:

- Критерий 1 - не е изпълнен при задачи 6 в, 10 в и 12 в;
- Критерий 2 - не е изпълнен при задача 5 в;
- Критерий 3 - изпълнен за всички задачи.

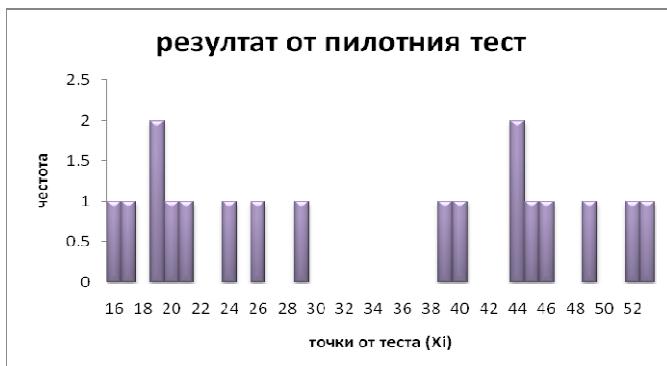
Тези дистрактори подлежат на замяна.

2.3. Резултати от провеждането на теста

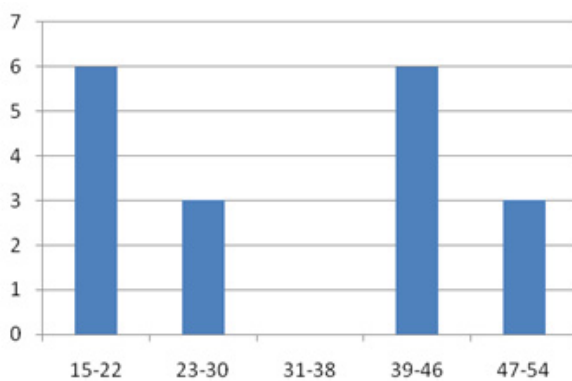
Важно допълнение към статистическия анализ на теста, е графичното представяне на резултатите. За тази цел се използват различни графични форми – полигон, хистограма, кръгова диаграма и др. На Фиг.1 е представена хистограмата, отразяваща резултатите от пилотния тест. Разпределението на всички тествани студенти показва, че резултатите са групирани в началото и края на хистогармата, което означава, че тестът е затруднил студентите.

На Фигура 2 е показано разпределението на баловете на тестваните студенти, изобразено чрез диаграма от колонен тип.

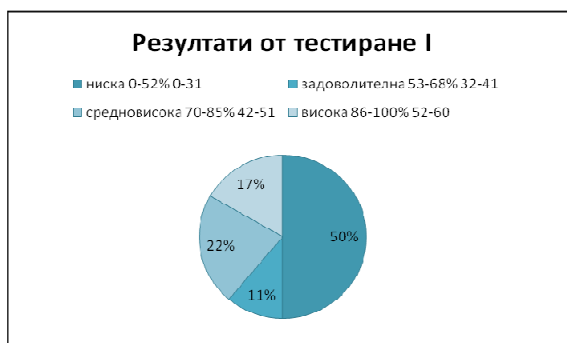
Чрез кръгови диаграми (Фигури 3 и 4) са представени резултатите от I и II тестване. В тях степента на усвояване на материала е представена чрез четири степени: ниска, удовлетворителна, средновисока и висока. От така представените резултати се вижда, че процентите дялове при двете тествания са сходни. С няколко процента само се е увеличил броят на студентите със средна степен на усвояване.



Фигура 1. Резултати от пилотния тест



Фигура 2. Разпределение на баловете на обучаемите



Фигура 3. Резултати от Тестиране I



Фигура 4. Резултати от Тестване II

3. Изводи

В резултат на статистическия анализ на теста се оформят следните изводи:

1. Качествата на тестовите задачи и на теста като цяло отговарят на описаните в литературата основни изисквания към нормативните тестове;
2. Разработеният тест ефективно изпълнява ролята на инструментариум за диагностика и измерване на постиженията на студентите при изучаване на раздела „Числени методи с MATLAB“;
3. За да бъде оптимизиран теста, трябва да се подобрят отделни негови компоненти:
 - Да се преформулират задачите, чиято дискриминативна сила не е в желаните граници;
 - Да се коригират дистракторите, непокриващи съответните критерии;
4. Приложената методика дава добри резултати при усвояването на учебното съдържание по раздела „Числени методи с MATLAB“, което се вижда от приложените кръгови диаграми (Фиг.3 и Фиг.4);
5. Прилагането на комбинирания тест дава възможност на студентите да работят задълбочено и логически последователно по решаване на проблеми и ориентиране в различни ситуации;
6. Използването на тестове в обучението са обективен, надежден и валиден измерител за това доколко са постигнати дидактическите цели на обучението и улесняват контрола на постиженията на студентите;
7. Учебното съдържание по предмета „Приложна математика“ позволява прилагането на тестовата форма за контрол на постиженията на студентите.

Заклучение

Проведената диагностична процедура доказва работната хипотеза, че използването на теста като метод на оценка на знанията на студентите в часовете по „Приложна математика“ стимулира познавателната им дейност и спомага за по-задълбочено и качествено усвояване на учебния материал. Проведените експерименти показват, че подходът на компютърно съпроводено обучение и тестов контрол се приема с ентузиазъм от обучаваните и повишава ефективността на обучение чрез използване на съвременни методи и технологии в обучението.

Литература

1. Бижков, Г., *Теория и методика на дидактическите тестове*, Просвета, София, 1992.
2. Бижков, Г., Краевски, В. *Методология и методи на педагогическите изследвания*, Университетско издателство „Св. Кп. Охридски“, София, 2007.
3. Бижков, Г., Краевски, В. *Основи на педагогиката*, Университетско издателство „Св. Кп. Охридски“, София, 2007.
4. Велева, Е., Караколева, С. *Числени методи и статистика – теория и парктика с MATLAB*, Русенски Университет „Ангел Кънчев“, 2011, ISBN: 954-712-245-2.
5. Караколева, С., *Приложна математика*, WEB-базиран курс, E-Learning Shell, Русенски университет „Ангел Кънчев“, Русе, 2013, <http://e-learning.uni-ruse.bg/indexc.php>
6. Караколева, С. *Тест за проверка на знания по Приложна математика*, <http://e-learning.uni-ruse.bg/indexc.php> МТФ, Приложна математика, Изпитни варианти, WEB базиран курс, Русенски университет „Ангел Кънчев“, Русе, 2013.
7. Караколева, С., Велева, Е. *Практически курс по Числени методи за инженерни специалности*, В: Математика и математическо образование, стр. 260-265, София, 2014, ISBN: 1313-3330.
8. Стоименова, Е. *Измерителни качества на тестовете*, НБУ, София, 2000.

Благодарности

Статията отразява резултати от работата по проект No 2015 - ФОЗЗГ- 03, финансиран от фонд „Научни изследвания“, Русенски университет „А.Кънчев“.

A MODEL OF A DIAGNOSTIC TEST FOR CONTROLLING THE RESULTS OF A COMPUTER BASED EDUCATION IN APPLIED MATHEMATICS AT THE UNIVERSITY OF RUSE

Stefka Karakoleva

Abstract. *In this paper the practical experience in computer based education in Numerical methods with MATLAB is considered. A model of a diagnostic test and results of its implementation is presented. The diagnostic procedure of the creation of the test model is discussed and the statistical results from the model are also proposed.*